Разработка интеллектуальной системы мониторинга технического состояния автотранспортного средства

Ключевые слова

Безопасность автотранспортного средства, мониторинг технического состояния автомобиля, изменение технических характеристик автомобиля.

Аннотация

Интеллектуальная система мониторинга технического состояния автотранспортного средства предназначена для оценки технического состояния тормозной системы автомобиля непосредственно в процессе его эксплуатации и не требует наличия специализированных датчиков. Инициализация и исходная настройка программного средства выполняются согласно техническим характеристикам автомобиля через сервисный интерфейс, а условия и режимы интерактивной диагностики выбираются водителем автомобиля. Программное средство непрерывно отслеживает действия водителя по разгону и торможению с целью определения текущих временных и скоростных характеристик автомобиля, которые служат первичной информацией для вычисления диагностируемых параметров. На основе этой информации осуществляется графическая интерпретация показателей износа компонентов тормозной системы автомобиля и дается количественное обоснование необходимости проведения соответствующего сервисного обслуживания или ремонта.

Классификация работы согласно ACM CCS

ACM CSS: Software and its engineering ~ Software creation and management ~ Designing software ~ Software design engineering

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4
1 Исследование предметной области 4
1.1 Описание предметной области 4
1.2 Актуальность диагностики автотранспортного средства 5
2 Устройство тормозной системы 5
2.1 Основные узлы тормозной системы 5
2.2 Регулятор давления 6
2.3 Вакуумный усилитель тормозов (ВУТ) 7
2.4 Дисковые тормоза 7
2.5 Тормозные колодки 8
2.6 Факторы, влияющие на износ тормозных колодок 8
2.7 Принцип работы тормозной системы 9
3 Обзор аналогов решения данной задачи и их минусы 9
3.1 Программный пакет Microsoft Excel 9
3.2 Адаптер ELM327 10
4 Расчетные формулы для моделирования процессов работы автомобиля 11
4.1 Теоретические понятия для расчёта формул 11
4.2 Расчетные формулы для силы сжатия 12
4.3 Формулы для педального узла 12
4.4 Формулы для расчёта гидравлики 13
4.5 Расчетные формулы технических характеристик для автомобиля 14
4.6 Формулы для расчёта данных об автомобиле 14
4.7 Формулы для расчёта тормозной системы автомобиля 16
4.8 Расчётные формулы для параметров автомобильных покрышек 16
4.9 Расчётные формулы для параметров тормозных колодок и дисков автомобиля 17
5 Выбор средств разработки 18
5.1 Выбор средства для разработки структуры базы данных 18
5.2 Выбор локального сервера 18
5.3 Выбор средства для работы с базой данных 19
5.4 Модуль Python 20
5.5 Выбор программы для разработки графического интерфейса 21
6 Проектирование информационной системы 21
6.1 Создание таблиц в базе данных «my_pysql_base» 21

7 Реализация системы 24
7.1 Таблица покрышки. 24
7.2 Таблица тормозные колодки 24
7.3 Таблица тормозные диски 25
7.4 Таблица сопротивление воздуха 25
7.5 Таблица авто 26
7.6 Таблица дополнительно 26
7.7 Конструктор объекта 27
8 Моделирование тестов работы программы и вывод результатов 28
8.1 Тестирование автомобилей с разными колодками 28
8.2 Тестирование автомобилей с изменением технических характеристик 32
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 39
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 40
ПРИЛОЖЕНИЕ А 41
ПРИЛОЖЕНИЕ Б 42
ПРИЛОЖЕНИЕ В 43
ПРИЛОЖЕНИЕ Г 44

ВВЕДЕНИЕ

Данная программа включает в себя расчет: тормозного пути, износ фрикционного материала тормозных колодок на передних и задних колесах измеряемый в миллиметрах, прогнозируемый износ тормозных накладок в километрах, общую тормозную силу. Все тесты проводятся в различных условиях и на разных автомобилях. Технические характеристики авто и условия теста заносятся вручную в конкретные таблицы, которые распределены в определенной последовательности, все данные сохраняются в базе данных, которая спроектирована в MySQL. После ввода всех данных производится расчет, по которому можно будет построить графики, для лучшего анализа решаемой задачи. Данный проект спроектирован сначала с графического интерфейса, который предназначен для ввода и вывода данных. Входными данными послужат данные об автомобиле, которые будут ранее внесены для дальнейшего моделирования задачи. Разработана область «Моделирование», с помощью ее можно установить нужные параметры для множества различных тестов, а именно: выбор транспортного средства и все условия для проведения тестирования. Выходными данными служат расчеты для построения графиков.

Актуальность: Данная тема актуальна, тем, что затрагивается диагностика автомобиля, которая способна оперативно оценить техническое состояние автотранспортного средства и предотвратить преждевременную поломку автомобиля и обеспечить безопасность водителя и пассажиров.

Цель работы: Провести обоснование методических приемов автоматизированной диагностики автотранспортных средств в интерактивном режиме и разработка практического примера реализации такой диагностики для оценки технического состояния тормозной системы легкого автомобиля. Эта цель достигается за счет последовательного решения ряда задач, отражающих этапы проводимой разработки.

Постановка задачи: обоснование структуры алгоритма проектируемой системы, информационная модель системы, разработка программного обеспечения системы.

1 Исследование предметной области

1.1 Описание предметной области

Современный автомобиль позиционирует себя как сложное изделие и под его надежностью понимается набор характеристик, а именно: безотказность, долговечность, ремонтопригодность. Также эти параметры в конкретных условиях эксплуатации имеют принципиальное значение, и определяет возможность автомобиля удовлетворять предъявляемым к нему требованиям в соответствии с назначением. Безопасность движения автотранспортного средства с высокими скоростями в значительной степени определяется

эффективностью действия и безопасностью тормозной системы. Эффективность тормозного пути определяется по определенному критерию или оценке тормозного пути и временем движения автомобиля до полной остановки. Чем эффективнее действуют тормоза, тем выше безопасная скорость, которую может допустить водитель, и тем выше скорость движения автомобиля на всем маршруте. Процесс торможения необходим не только для быстрой остановки автомобиля при внезапном появлении препятствий, но и как средство управления скоростью его движения. Согласно стандартным правилам тормозное управление должно состоять из четырех систем: рабочей, запасной, стояночной и вспомогательной. Системы могут иметь общие элементы, но не менее двух независимых органов управления. Каждая из этих систем включает в себя различные тормозные механизмы, которые обеспечивают сопротивление движению автомобиля и тормозной привод, необходимый для управления тормозными механизмами. Тормозной механизм может быть колесный, трансмиссионный, барабанный и дисковый. Рабочая тормозная система служит для снижения скорости движения автомобиля вплоть до полной его остановки вне зависимости от его скорости, нагрузки и уклонов дороги.

1.2 Актуальность диагностики автотранспортного средства

Необходимость и актуальность диагностики автомобиля основывается на факторе, что современный автомобиль представляет собой очень сложную структуру работы всех узлов, одни из главных: управление двигателем и трансмиссией, управление ходовой части, управление оборудованием салона, тормозная система. Для корректной работы ранее перечисленных параметров автотранспортного средства требуется слаженная работа компонентов по заданным алгоритмам. Обеспечивает синхронную и правильную работу электронный блок управления (ЭБУ) — узел, которым оснащены многие компоненты автомобиля. В современном авто количество ЭБУ может достигать до 80 штук. Работа многих блоков происходит взаимосвязано и при выходе из строя одного ЭБУ нарушается цепь работы других блоков, что приводит к нестабильной или полной неработоспособности автомобиля, а с выходом новых моделей автомобиля тенденция роста роли электроники в обеспечении безопасности движения только увеличивается, поэтому актуальность диагностики автотранспортного средства будет всегда востребована и актуальна.

2 Устройство тормозной системы

2.1 Основные узлы тормозной системы

В общем виде тормозная система состоит из тормозных механизмов и их привода. Тормозные механизмы при работе системы препятствуют вращению колес, в результате чего между колесами и дорогой возникает тормозная сила, останавливающая автомобиль. Тормозные механизмы (см. рисунок 1) размещаются непосредственно на передних и задних

колесах автомобиля.

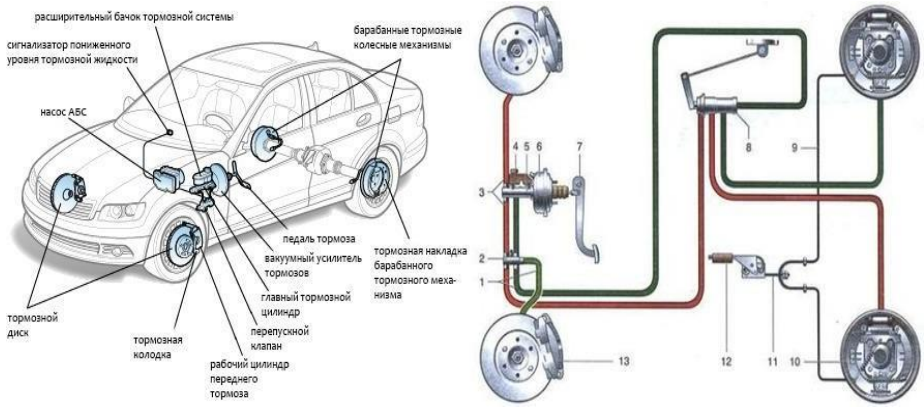


Рисунок 1 – Схема устройства тормозной системы авто

2.2 Регулятор давления

Задача этой детали состоит в том, чтобы во время быстрого торможения уменьшить давление в задних колесных цилиндрах. Дело в том, что когда водитель интенсивно нажимает тормозную педаль, срабатывает сила инерции, за счет которой масса, а значит, и центр тяжести машины уходит вперед, а колеса, расположенные на задней оси, мгновенно разгружаются. Это может стать причиной заноса, и регулятор перераспределяет давление, чтобы задние колеса не потеряли контакт с дорожной поверхностью. Схема устройства тормозного регулятора давления автомобиля показана на рисунке 2.

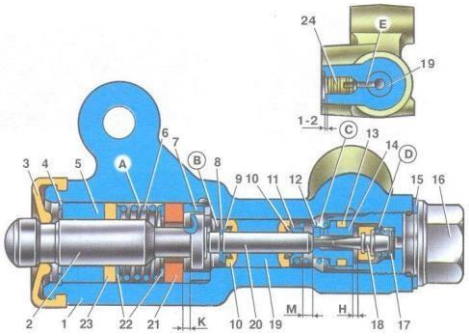


Рисунок 2 – Схема устройства тормозного регулятора давления автомобиля

Где 1 — корпус регулятора давления тормозов; 2 — поршень; 3 — защитный колпачок; 4, 8 — стопорные кольца; 5 — втулка поршня; 6 — пружина поршня; 7 — втулка корпуса; 9, 22 — опорные шайбы; 10 — уплотнительные кольца толкателя; 11 — опорная тарелка; 12 — пружина втулки толкателя; 13 — кольцо уплотнительное седла клапана; 14 — седло клапана; 15 — уплотнительная прокладка; 16 — пробка; 17 — пружина клапана; 18 — клапан; 19 — втулка толкателя; 20 — толкатель; 21 — уплотнитель головки поршня; 23 — уплотнитель штока поршня; 24 — заглушка; A, D — камеры, соединенные с главным цилиндром; B, C — камеры, соединенные с колесными цилиндрами задних тормозов; К, М, Н — зазоры; Е — дренажное отверстие.

2.3 Вакуумный усилитель тормозов (ВУТ)

Этот элемент отвечает за повышение давления рабочей жидкости в механизме торможения. Как правило, он включается в общий модуль с ГТЦ. В состав ВУТ входит круговая камера, которая разделена внутри на 2 части посредством упругой диафрагмы. Одна из частей камеры соединена с впускным коллектором силового агрегата с помощью клапана. Там создается вакуум, в то время как вторая часть сообщается с атмосферой. Надавливание педали способствует повышению давления, которое передает вакуум на поршень ГТЦ. В результате значительно увеличивается сила, с которой планка систем торможения прижимаются к поверхности диска. На рисунке 3 показана схема вакууммного усилителя тормозов

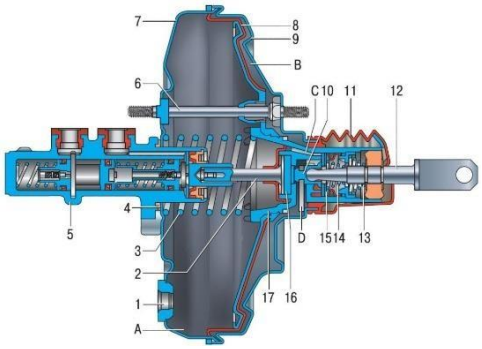


Рисунок 3 – Схема вакууммного усилителя тормозов автомобиля

2.4 Дисковые тормоза

Дисковые механизмы оборудуются суппортом, который на разных моделях бывает подвижным или неподвижным. Если эта деталь подвижна, она обеспечивает равномерный износ накладок, а также одинаковый промежуток между колодками и поверхностью тормозного диска независимо от того, насколько сработался фрикционный материал. Крепление суппорта производится посредством кронштейна на подвеске. Рабочие цилиндры устанавливаются в имеющиеся на суппорте специальные пазы. Поверхность диска гладкая, для эффективного воздушного охлаждения на ней имеются отверстия. На рисунке 4 представлена схема дисковых тормозов автомобиля.

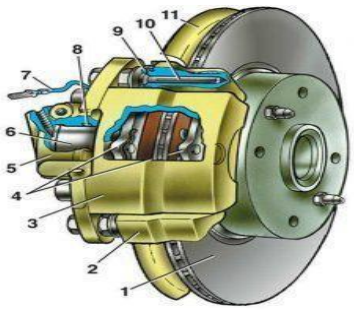


Рисунок 4 – Схема дисковых тормозов автомобиля

Где 1 — тормозной диск; 2 —направляющая колодок; 3 — суппорт; 4 — тормозные колодки; 5 — цилиндр; 6 — поршень; 7 — сигнализатор износа колодок; 8 — уплотнительное кольцо;

9 — защитный чехол направляющего пальца; 10 — направляющий палец; 11 — защитный кожух.

2.5 Тормозные колодки

Тормозная колодка — часть тормозной системы и её основной рабочий компонент. Именно тормозная колодка создаёт тормозное ускорение, за счёт взаимодействия с поверхностью катания колеса или тормозного диска и преобразования силы нажатия в тормозной момент. Активно применяются на всех видах колесного транспорта. Как правило, первым признаком чрезмерного износа рабочей поверхности тормозной колодки является визжащий звук. Этот звук издает мягкий металл индикатора износа, который трется о тормозной ротор, чтобы предупредить водителя о том, что необходима замена. Среди других симптомов можно выделить: автомобиль тянет в одну сторону при торможении, тормоза вибрируют, а нажим на педаль тормоза становится более мягким. Для удобства инструкция по эксплуатации автомобиля содержит данные о контрольной толщине фрикционного слоя тормозных колодок. Для большинства автомобилей минимальное значение составляет 3 мм, максимальное 25 мм. На рисунке 5 показаны тормозные колодки автомобиля.

Рисунок 5 – Тормозные колодки автомобиля

2.6 Факторы, влияющие на износ тормозных колодок

1. Вес автомобиля. Чем больше масса транспортного средства, тем больше нагрузка на колодки и тем быстрее они изнашиваются.

2. Качество материала. Каждый производитель устанавливает оборудование на автомобиль по своему разумению. При этом колодки могут иметь различное качество и быть выполненными из разных материалов – это также необходимо учитывать. К примеру, большинство производителей делают колодки с применением фрикциона, но с различными «примесями», которые могут влиять на скорость износа.

3. Манера езды. Многое зависит и от манеры езды автолюбителя. Если водитель предпочитает стиль частых разгонов и торможений, то вполне естественно, что колодки износятся быстрее.

4. Погодные условия. Есть определенная зависимость износа колодок и от погодных условий в регионе, где происходит эксплуатация колодок. В хорошую погоду езда более интенсивная, поэтому колодки будут изнашиваться гораздо быстрее.

5. Загруженность транспортного средства. Здесь ситуация схожая с первым пунктом (весом автомобиля). Если машина постоянно загружена, то износ зачастую осуществляется равномерно, как передних, так и задних колодок. Если же нет, тогда передние колодки будут изнашиваться быстрее, ведь на них большая нагрузка происходит постоянно.

2.7 Принцип работы тормозной системы

Исходя из рассмотренной структуры тормозной системы, выделаются следующие принципы её работы:

1) при нажатии на педаль тормоза водитель создает усилие, которое передается к вакуумному усилителю;

2) далее оно увеличивается в вакуумном усилителе и передается в главный тормозной цилиндр;

3) поршень ГТЦ нагнетает рабочую жидкость к колесным цилиндрам через трубопроводы, за счет чего растет давление в тормозном приводе, а поршни рабочих цилиндров перемещают тормозные колодки к дискам;

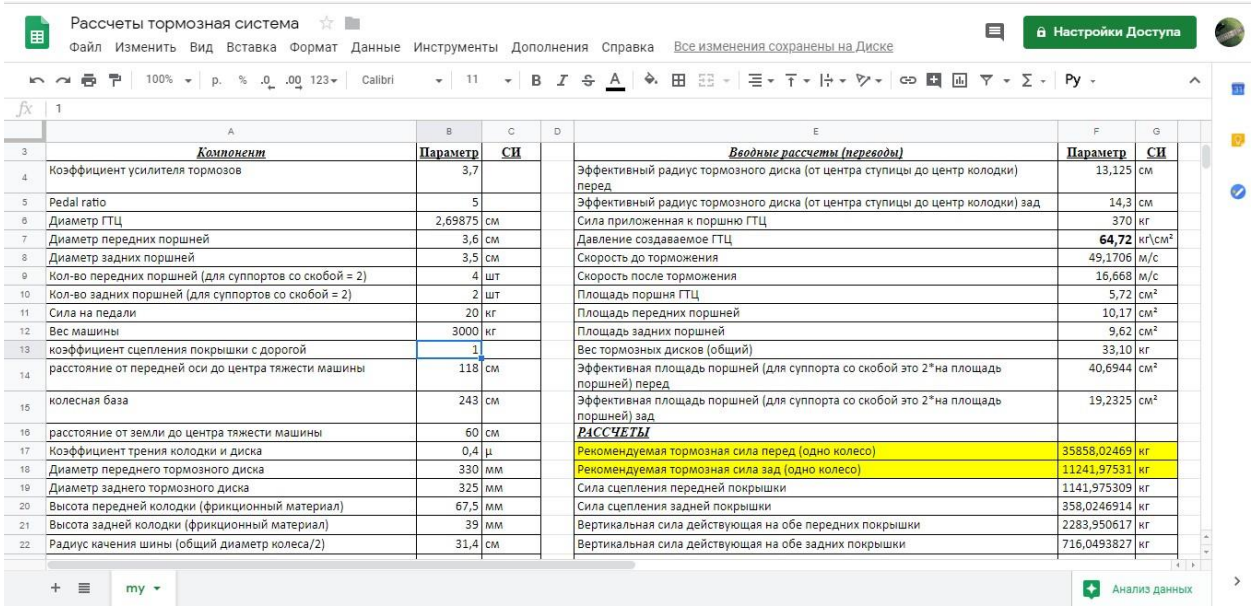
4) дальнейшее нажатие на педаль еще больше увеличивает давление жидкости, за счет чего срабатывают тормозные механизмы, приводящие к замедлению вращения колес; давление рабочей жидкости может приблизиться к 10–15 Мпа, чем оно больше, тем эффективнее происходит торможение;

5) опускание педали тормоза приводит к ее возврату в исходное положение под действием возвратной пружины. В нейтральное положение возвращается и поршень ГТЦ. Рабочая жидкость также перемещается в главный тормозной цилиндр. Колодки отпускают диски или барабаны. Давление в системе падает.

3 Обзор аналогов решения данной задачи и их минусы

3.1 Программный пакет Microsoft Excel

Один из аналогов, представленный на рисунке 6, разработан в программном пакете Microsoft Excel, данный продукт способен решить поставленные перед ним задачи, но так же присутствуют минусы, а именно: графический интерфейс представляет собой однотипную таблицу, которая не способная гибко настроить тесты для моделирования процесса, ввод данных ограничивается только внесением информации в определенные ячейки, нет возможности сохранить результаты после теста, отсутствует поле для построения графиков.



Рассчеты тормозная система

Файл Изменить Вид Вставка Формат Данные Инструменты Дополнения Справка Все изменения сохранены на Диске

Настройки Доступа

Компонент	Параметр	СИ
Коэффициент усилителя тормозов	3,7	
Pedal ratio	5	
Диаметр ГТЦ	2,69875	см
Диаметр передних поршней	3,6	см
Диаметр задних поршней	3,5	см
Кол-во передних поршней (для суппортов со скобой = 2)	4	шт
Кол-во задних поршней (для суппортов со скобой = 2)	2	шт
Сила на педали	20	кг
Вес машины	3000	кг
коэффициент сцепления покрышки с дорогой	1	
расстояние от передней оси до центра тяжести машины	118	см
колесная база	243	см
расстояние от земли до центра тяжести машины	60	см
Коэффициент трения колодки и диска	0,4	μ
Диаметр переднего тормозного диска	330	мм
Диаметр заднего тормозного диска	325	мм
Высота передней колодки (фрикционный материал)	67,5	мм
Высота задней колодки (фрикционный материал)	39	мм
Радиус качения шины (общий диаметр колеса/2)	31,4	см

Вводные рассчеты (переводы)	Параметр	СИ
Эффективный радиус тормозного диска (от центра ступицы до центр колодки) перед	13,125	см
Эффективный радиус тормозного диска (от центра ступицы до центр колодки) зад	14,3	см
Сила приложенная к поршню ГТЦ	370	кг
Давление создаваемое ГТЦ	**64,72**	кг\см²
Скорость до торможения	49,1706	м/с
Скорость после торможения	16,668	м/с
Площадь поршня ГТЦ	5,72	см²
Площадь передних поршней	10,17	см²
Площадь задних поршней	9,62	см²
Вес тормозных дисков (общий)	33,10	кг
Эффективная площадь поршней (для суппорта со скобой это 2*на площадь поршней) перед	40,6944	см²
Эффективная площадь поршней (для суппорта со скобой это 2*на площадь поршней) зад	19,2325	см²
РАССЧЕТЫ		
Рекомендуемая тормозная сила перед (одно колесо)	35858,02469	кг
Рекомендуемая тормозная сила зад (одно колесо)	11241,97531	кг
Сила сцепления передней покрышки	1141,975309	кг
Сила сцепления задней покрышки	358,0246914	кг
Вертикальная сила действующая на обе передних покрышки	2283,950617	кг
Вертикальная сила действующая на обе задних покрышки	716,0493827	кг

my

Анализ данных

Рисунок 6 – Фрагмент аналога

3.2 Адаптер ELM327

Второй аналог представляет адаптер ELM327, который выполнен на микроконтроллере pic18f25k80, способен диагностировать многие факторы, отвечающие за штатную работу автотранспортного средства, но основной уклон заключается в том, как продиагностировать систему управления двигателя на автомобилях Mercedes-Benz выпуска 93–98 годов, оснащенных бензиновыми двигателями M111 и M104, оборудованных топливной системой HFM и PMS [4]. Адаптер ELM327 имеет возможность соединять пользователя и автомобиль по разным путям: WIFI, Bluetooth, USB. Программа (прошивка) понимает язык команд OBD2, читает ЭБУ Mercedes-Benz по заводскому протоколу, преобразует ответы ЭБУ в понятный формат ответов OBD2. Адаптер работает на многих устройствах, а именно: ноутбук, смартфон, планшет, операционная система Windows 10. Из минусов можно выявить, что данный продукт работает без сервера, что не позволяет сохранять данные после диагностирования автотранспортного средства, а так же адаптер ELM327 hfmscan после перепрошивки сможет работать только с двигателями M111 и M104, никакой другой автомобиль OBD2 он уже не прочитает. На рисунке 7 представлен фрагмент диагностирования автомобиля адаптером ELM327.

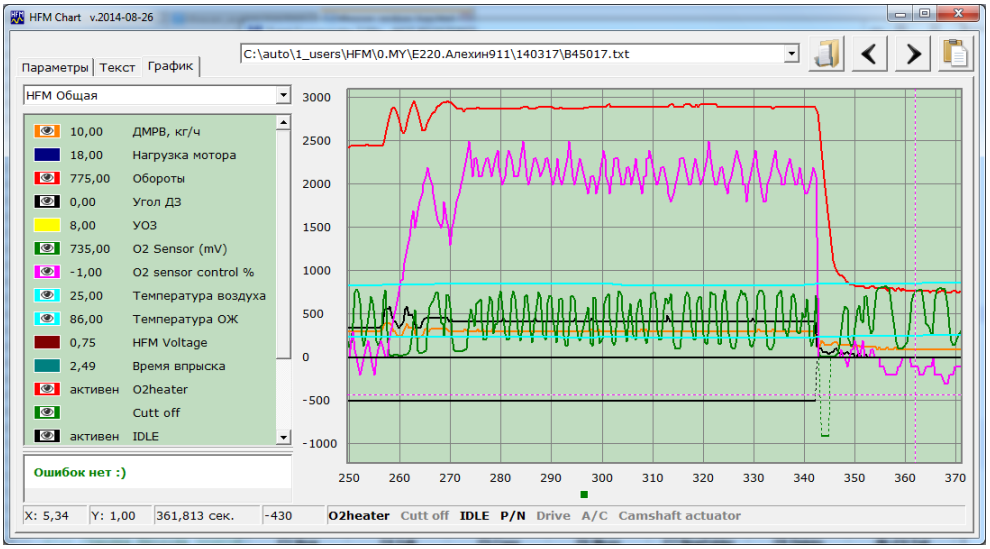


Рисунок 7 – Фрагмент диагностирования автомобиля адаптером ELM327

4 Расчетные формулы для моделирования процессов работы автомобиля

4.1 Теоретические понятия для расчёта формул

Понятие тормозной силы. Это крутящий момент, создаваемый эффективным радиусом тормозного диска, силой сжатия тормозных колодок и коэффициентом трения между колодкой и диском. Это сила, с которой замедляется колесо вместе с шиной. Основные компоненты, которые влияют на силу торможения — это насколько сильно сжимаются колодки, и как далеко от центра ступицы прикладывается эта сила. Отсюда чем больше размер тормозного диска, тем дальше сила сжатия прикладывается от центра колеса и тем самым мы увеличиваем тормозную силу (эффект рычага). Рекомендуемая сила рассчитывается следующей формулой: коэффициент сцепления покрышки с дорогой достаточно сложно рассчитать, он может быть от 0,1 на льду до 1,4 на сухом гоночном треке со сликом. Если он вам неизвестен, то используем его равным 1[5].

Коэффициент трения — это индикатор силы трения между тормозным диском и колодкой. Чем выше коэффициент, тем выше сила трения. Для стоковых колодок это коэффициент варьируется от 0,3 до 0,4. Для гоночных от 0,5 до 0,6. «Жесткие» колодки имеют слабый коэффициент трения, при этом изнашиваются меньше. «Мягкие» колодки наоборот, имеют высокий коэффициент трения и быстрее изнашиваются. Большинство колодок имеет зависимость коэффициента трения от температуры, поэтому гоночные колодки необходимо греть, в то время как гражданские при такой температуре уже потеряют свои свойства.

Главный тормозной цилиндр (ГТЦ) активируется нажатием на педаль, вначале поршень передвигает жидкость по системе до тех пор, пока колодки не вступят в контакт с диском, затем, поскольку система становится замкнутой, начинает расти давление, создавая тормозную силу. Отсюда, чем сильнее вы давите на педаль, тем выше тормозная сила.

Основные параметры ГТЦ это диаметр поршня и его ход. Обычно встречаются ГТЦ с диаметрами от 0,625" до 1,5" и с ходом от 2,5 см до 3,81 см. Соответствие двух этих параметров к рекомендованным параметрам для вашего авто — залог хорошей производительности. Стоит запомнить: при одном усилии на педали, маленький ГТЦ даст большее давление, но при этом сможет меньше вытеснить жидкости. Также, чем больше ход ГТЦ, тем больше он жидкости может вытеснить, но при этом создается больший ход педали.

4.2 Расчётные формулы для силы сжатия

Сила, с которой суппорт прижимает колодки к диску, измеряется в килограммах, это сила создается давлением, в тормозной системе умноженным на площадь поршней (суппорт без скобы), или 2 на площадь поршней (суппорт со скобой), измеряется в кг/см^2. Чтобы увеличить силу сжатия, надо либо изменить давление в системе, либо увеличить площадь поршня. Изменение состава колодки (коэффициент трения) не влияет на силу сжатия. Сила сжатия рассчитывается следующей формулой (1) для передних тормозов и формулой (2) для задних тормозов [6].

$$Fsz_fwd = P_gtc\, Sef_fwd, \quad (1)$$

где Fsz_fwd – сила сжатия (кг); P_gtc – давление, создаваемое главным тормозным цилиндром (кг/см^2); Sef_fws – эффективная площадка передних тормозов.

$$Fsz_back = P_gtc\, Sef_back, \quad (2)$$

где Fsz_fwd – сила сжатия (кг); P_gtc – давление, создаваемое главным тормозным цилиндром (кг/см^2); Sef_back – эффективная площадка задних тормозов.

Далее можно рассчитать какую силу производят тормоза по формуле (3).

$$M_fwd = mu\, \mathrm{Re}_fwd\, Fsz_fwd, \quad (3)$$

где M_fwd – производимая сила торможения (кг); mu – коэффициент трения колодки и диска; Re_fwd – эффективный радиус тормозного диска (от центра ступицы до центра колодки); Fsz_fwd – сила сжатия (кг).

4.3 Формулы для педального узла

Чтобы произвести торможение водителю требуется одновременно переместить жидкость и создать давление. В этом помогает ГТЦ, который перемещает тормозную жидкость, чтобы создать достаточную прижимную силу колодок к диску.

При нажатии на педаль активируются тормоза, также педаль служит своеобразным рычагом, который увеличивает силу нажатия. Эффект называется «соотношение педали».

Обычно нажатие на педаль тормоза происходи с силой от 22 до 45 кг, чтобы активно замедлиться.

Соотношение педали можно рассчитать, разделив расстояние от точки крепления педали до места приложения силы на расстояние от точки крепления педали до тяги, идущей к главному тормозному цилиндру На рисунке 10 представлено соотношение педали A/B.

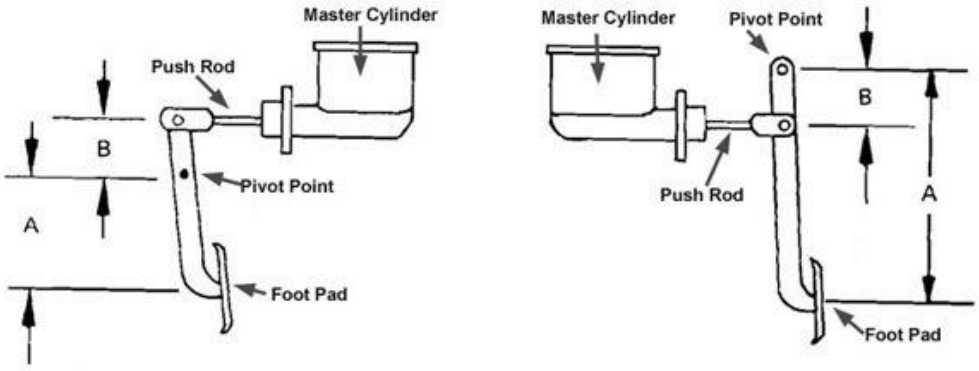


Рисунок 10 – Соотношение педали A/B

Проанализировав рисунок 10, можно понять, что чем больше соотношение, тем больше силы передается на ГТЦ. Но нужно помнить один момент, увеличивая соотношение можно увеличить ход педали.

Для машин с усилителем это соотношение обычно составляет около 4–4,5. Автомобили без усилителя от 6 до 7.

Рассчитать силу, приложенную к поршню, можно зная силу, приложенную к самой педали, соотношение педали (рычаг) и при наличии усилителя тормозов, коэффициент усиления им. Силу, приложенную к поршню можно рассчитать по формуле (4).

$$F_gtc = pk1k2, \tag{4}$$

где F_gtc – сила, приложенная к поршню главного тормозного цилиндра; p – давление на педали; k1 – коэффициент (соотношение) педали; k2 – коэффициент усилителя тормозов (если его нет, использовать 1).

4.4 Формулы для расчёта гидравлики

Как ранее упоминалось, чтобы прижать колодки к диску необходимо перемещение жидкости и создание давления в контуре.

В идеале надо стремиться к достаточной силе прижатия колодок при минимальном ходе педали.

Сила, приложенная к ГТЦ, создает определенное давление в контуре. Давление - это сила, приложенная к поршню главного тормозного цилиндра деленная на площадь его цилиндра. А значит, чем меньше площадь цилиндра, тем давление возрастает. Давление в системе рассчитывается по формуле (5).

$$P_gtc = F_gtc / S_gts, \tag{5}$$

где P_gtc – давление в системе; F_gtc – сила, приложенная к поршню главного тормозного цилиндра; S_gt – площадь поршня ГТЦ.

4.5 Расчетные формулы технических характеристик для автомобиля

В данном разделе работы происходит расчет всех технических моментов автотранспортного средства с целью получения данных для дальнейших тестов и моделирования различных процессов. Все значения заносятся после расчетов в таблицы, которые находят в приложениях А, Б, В, Г, а также все константы, которые уже заранее известны.

.4.6 Формулы для расчёта данных об автомобиле

Вес автомобиля при снаряженной массе рассчитывается по формуле (6).

$$G = m1\,g, \tag{6}$$

где G – вес автомобиля при снаряженной массе; m1 – снаряженная масса авто; g – ускорение свободного падения.[6]

Вес автомобиля при полной массе рассчитывается по формуле (7).

$$G = m2\,g, \tag{7}$$

где G – вес автомобиля при полной массе; m2 – полная масса автомобиля; g – ускорение свободного падения.

Лобовая площадь автомобиля рассчитывается по формуле (8).

$$S = 0.78BH, \tag{8}$$

где S – площадь автомобиля; B – ширина автомобиля; H – высота автомобиля.

Фактор обтекаемости автомобиля можно рассчитать по формуле (9).

$$W = k_bS, \tag{9}$$

где W – обтекаемость автомобиля; k_b – коэффициент лобового сопротивления; S – лобовая площадь авто.

Вес, приходящийся на передние колеса в статическом положении рассчитывается по формуле (10).

$$G_1 = Gb / L, \tag{10}$$

где G_1 – вес, приходящийся на передние колёса; G – вес авто при снаряженной массе; b – расстояние до задней оси от ЦТ; L – колесная база.

Вес, приходящийся на передние колеса в статическом положении, рассчитывается по формуле (11).

$$G_2 = G1b / L, \tag{11}$$

где G_2 – вес, приходящийся на передние колёса в статическом положении; G1 – вес авто при полной массе; b – расстояние до задней оси от ЦТ; L – колесная база.

Вес, приходящийся на задние колеса в статическом положении, рассчитывается по формуле (12).

$$G_3 = Ga / L, \tag{12}$$

где G_3 – вес, приходящийся на задние колеса в статическом положении; G – вес авто при снаряженной массе; a – расстояние до передней оси от ЦТ; L – колесная база.

Вес, приходящийся на задние колеса в статическом положении, рассчитывает по формуле (13).

$$G_4 = G1a / L, \tag{13}$$

где G_4 – вес, приходящийся на задние колёса в статическом положении; G1 – вес авто при снаряженной массе; a – расстояние до передней оси от ЦТ; L – колесная база.

4.8 Формулы для расчёта тормозной системы автомобиля

Площадь поршня ГТЦ рассчитывается по формуле (14).

$$S_gtc = D_gtc^2 2\pi / 4, \tag{14}$$

где S_gtc – площадь поршня ГТЦ; D_gtc – диаметр ГТЦ.

Площадь передних тормозных поршней рассчитывается по формуле (15).

$$Sp_fwd = Dp_fwd^2 2\pi / 4, \tag{15}$$

где Sp_fwd – площадь передних тормозных поршней; Dp_fwd – диаметр передних поршней.

Площадь задних тормозных поршней рассчитывается по формуле (16) [7].

$$Sp_back = Dp_back^2 2\pi / 4, \tag{16}$$

где Sp_back – площадь задних тормозных поршней; Dp_back – диаметр задних поршней.

Эффективная площадь передних поршней рассчитывается по формуле (17).

$$Sef_fwd = n_fwd\, Sp_fwd, \tag{17}$$

где Sef_fwd – эффективна площадка передних поршней; n_fwd – количество передних поршней; Sp_fwd – площадь переднего поршня.

4.8 Расчётные формулы для параметров автомобильных покрышек

Посадочный диаметр шины (мм) рассчитывается по формуле (18).

$$d_sh = d_sh_d\, 25.4, \tag{18}$$

где d_sh_d – посадочный диаметр шины в дюймах.

Высота профиля шины рассчитывается по формуле (19).

$$H_sh = (delta_sh/100)\, B_sh, \tag{19}$$

где H_sh – высота профиля шины; delta_sh – отношение высоты профиля к ширине покрышки; B_sh – ширина шины.

Диаметр колеса рассчитывается по формуле (20).

$$D_sh = d_sh + 2H_sh, \tag{20}$$

где D_sh – диаметр колеса; d_sh – посадочный диаметр шины; H_sh – высота профиля шины.

Свободный радиус рассчитывается по формуле (21).

$$Rs = 0.5d_sh + H_sh, \tag{21}$$

где Rs – свободный радиус; d_sh – посадочный диаметр шины; H_sh - высота профиля шины.

Статический радиус рассчитывается по формуле (22).

$$Rst = 0.5d_sh + lamda_z\, H_sh, \tag{22}$$

где Rst – статический радиус; d_sh – посадочный диаметр шины; H_sh – высота профиля шины, lamda_z – коэффициент смятия шины.

Динамический радиус (Rd) равен статическому радиусу (Rst) рассчитанному по формуле (22).

Качения шины за один оборот рассчитывается по формуле (23).

$$Rk = D_sh / 2, \quad (23)$$

где Rk – качение шины за один оборот; D_sh – диаметр колеса.

4.9 Расчётные формулы для параметров тормозных колодок и дисков автомобиля

Эффективный радиус переднего тормозного диска рассчитывается по формуле (24).

$$\mathrm{Re}_ fwd = (Dd_ fwd / 2) - (hk_ fwd / 2), \quad (24)$$

где Re_fwd – эффективный радиус переднего тормозного диска; Dd_fwd – диаметр переднего тормозного диска; hk_fwd – высота передней колодки.

Эффективный радиус заднего тормозного диска рассчитывается по формуле (25).

$$Re_back = \left(Dd_back / 2\right) - \left(hk_back / 2\right), \quad (25)$$

где Re_back – эффективный радиус заднего тормозного диска; Dd_back – заднего тормозного диска; hk_back – высота задней колодки.

5 Выбор средств разработки

5.1 Выбор средства для разработки структуры базы данных

Модуль Access использовался для разработки схемы данных для базы данных (БД)

Microsoft Office Access или просто Microsoft Access — реляционная система управления базами данных (СУБД) корпорации Microsoft. Входит в состав пакета Microsoft Office. Имеет широкий спектр функций, включая связанные запросы, связь с внешними таблицами и базами данных. Благодаря встроенному языку VBA, в самом Access можно писать приложения, работающие с базами данных.

Первоначальным этапом будет создание базы данных и таблиц в Microsoft Access, для установки типов связей и дальнейшего импорта в MySql.

5.2 Выбор локального сервера

В качестве локального сервера был выбран Open Server Panel.

Open Server Panel — это портативная серверная платформа и программная среда, созданная специально для веб-разработчиков с учётом их рекомендаций и пожеланий.

Программный комплекс имеет богатый набор серверного программного обеспечения, удобный, многофункциональный продуманный интерфейс, обладает

мощными возможностями по администрированию и настройке компонентов. Платформа широко используется с целью разработки, отладки и тестирования веб-проектов, а так же для предоставления веб-сервисов в локальных сетях. В данном проекте данный сервер послужит для связи базы данных с программным пакетом Python и для перехода в PhpMyAdmin. На рисунке 9 представлены командные окна Open Server Panel.

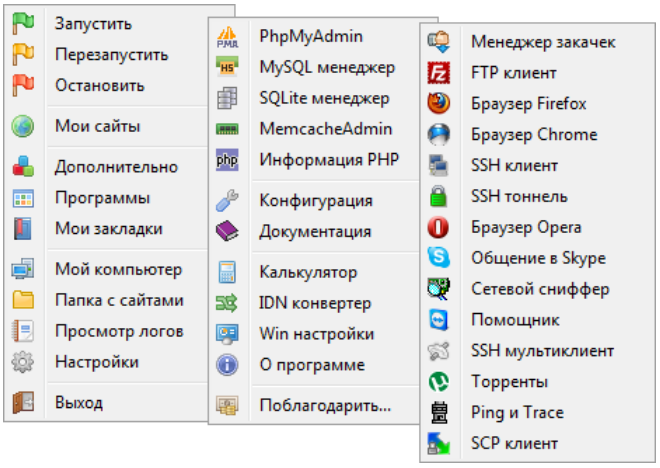


Рисунок 9 – Командные окна Open Server Panel

5.3 Выбор средства для работы с базой данных

В качестве данного средства для редактирования, просмотра и хранения данных БД был выбран PhpMyAdmin.

PhpMyAdmin — веб-приложение с открытым кодом, написанное на языке PHP и представляющее собой веб-интерфейс для администрирования СУБД MySQL. PHPMyAdmin позволяет через браузер и не только осуществлять администрирование сервера MySQL, запускать команды SQL и просматривать содержимое таблиц и баз данных. Приложение пользуется большой популярностью у веб-разработчиков, так как позволяет управлять СУБД MySQL без непосредственного ввода SQL команд, предоставляя дружественный интерфейс. На сегодняшний день PHPMyAdmin широко применяется на практике. Последнее связано с тем, что разработчики интенсивно развивают свой продукт, учитывая все нововведения СУБД MySQL.

Подавляющее большинство российских провайдеров используют это приложение в качестве панели управления для того, чтобы предоставить своим клиентам возможность администрирования выделенных им баз данных. Модуль MySQL использовался для хранения информации о таблицах БД. На рисунке 10 показана авторизация PHP MyAdmin,

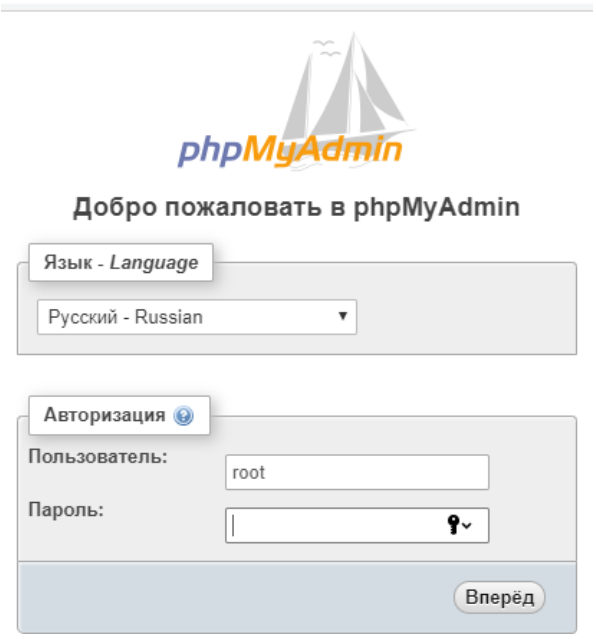


Рисунок 10 – Окно авторизации PHP MyAdmin

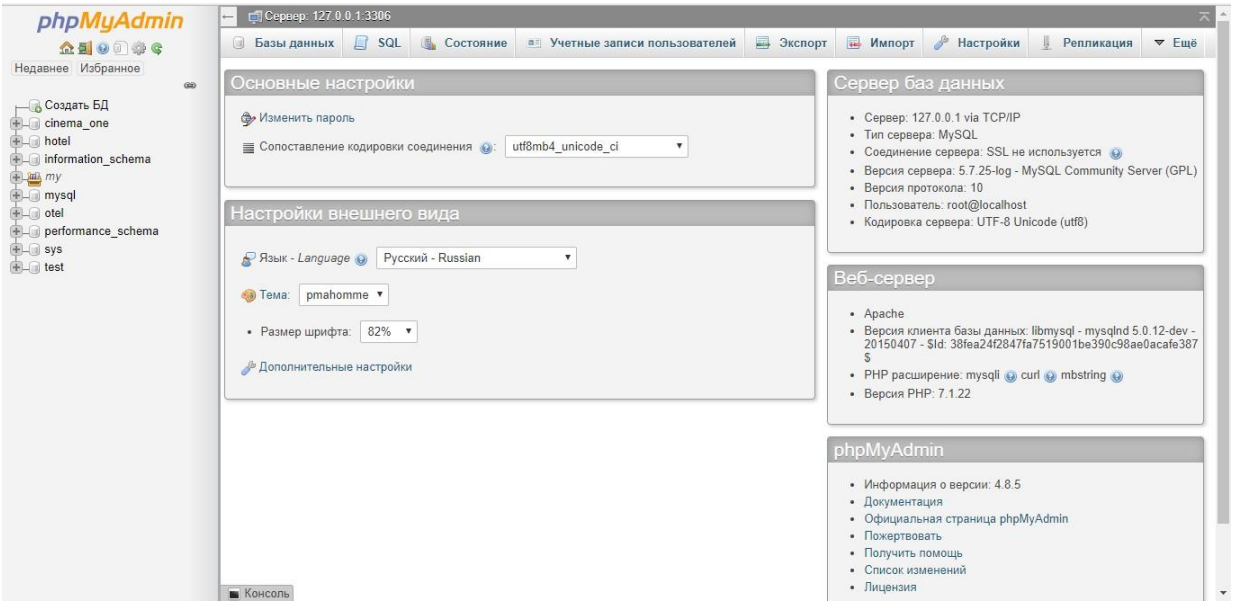


Рисунок 11 – Главная страница PHP MyAdmin

5.4 Модуль Python

Python является простым и, в то же время, мощным интерпретируемым объектно- ориентированным языком программирования. Он предоставляет структуры данных высокого уровня, имеет изящный синтаксис и использует динамический контроль типов, что делает его идеальным языком для быстрого написания различных приложений, работающих на большинстве распространенных платформ. Python поддерживает несколько парадигм программирования, в том числе структурное, объектно-ориентированное, функциональное, императивное и аспектно-ориентированное. Основные архитектурные черты — динамическая типизация, автоматическое управление памятью, полная интроспекция, механизм обработки

исключений, поддержка многопоточных вычислений и удобные высокоуровневые структуры данных. Код в Python организовывается в функции и классы, которые могут объединяться в модули.

Библиотеки Python — это файлы с шаблонами кода. Их придумали для того, чтобы людям не приходилось каждый раз заново набирать один и тот же код: они просто открывают файл, вставляют свои данные и получают нужный результат. Ниже приведен список используемых библиотек в программе.

Библиотека random предоставляет функции для генерации случайных чисел, букв, случайного выбора элементов последовательности.

Библиотека string предоставляет константы для операций, связанных строкой.

Библиотека myconn используется для конкретного подключения к базе данных с именем пользователя и паролем по конкретному адресу.

Библиотека mysql.connector требуется для установки связи между Mysql и Python.

Библиотека math имеет обширный функционал для работы с числами, а так же способна проводить математические действия над ними.

Библиотека numpy предназначена для обработки многомерных массивов и матриц. Библиотека pyqtgraph требуется для построения графиков.

5.5 Выбор программы для разработки графического интерфейса

В качестве программы для создания графического интерфейса была выбрана платформа Qt Designer.

Qt Designer — кроссплатформенная свободная среда для разработки графических интерфейсов программ использующих библиотеку Qt. Qt Designer позволяет создавать графические интерфейсы пользователя при помощи ряда инструментов. Существует панель инструментов «Панель виджетов», в которой доступны для использования элементы интерфейса — виджеты, такие как, например, «выпадающий список» ComboBox, «поле ввода» LineEdit, «кнопка» PushButton и многие другие. Каждый виджет имеет свой набор свойств, определяемый соответствующим ему классом библиотеки Qt. Свойства виджета могут быть изменены при помощи «Редактора свойств». Для каждого класса свойств виджета существует свой специализированный редактор. Характерной особенностью Qt Designer является поддержка визуального редактирования сигналов и слотов.

6 Проектирование информационной системы

6.1 Создание таблиц в базе данных «my_pysql_base»

В MS Access разработали схему данных для БД «my_pysql_base», которая показана на рисунке 16.

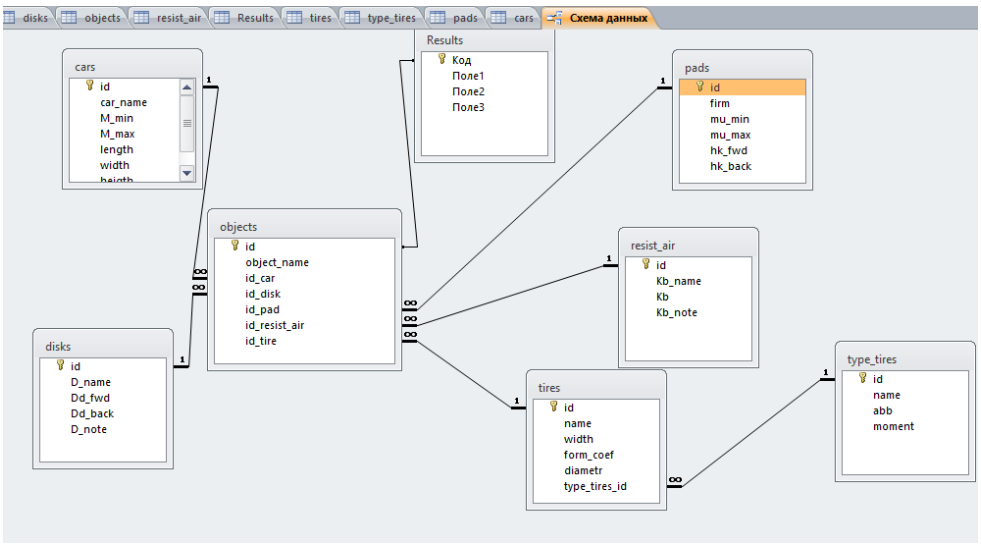


Рисунок 12 – Просмотр схемы данных базы «my_pysql_base»

Данная таблица требуется для занесения данных об автомобили, а именно: id номер каждого автомобиля, название авто, снаряженная масса, максимальная масса, длина, ширина, высота, расстояние от центра авто до центра колеса. На рисунке 13 представлен процесс создания таблицы «Cars».

```
--
-- Структура таблицы `cars`
--

CREATE TABLE `cars` (
  `id` int(11) NOT NULL,
  `car_name` text NOT NULL,
  `M_min` float NOT NULL,
  `M_max` float NOT NULL,
  `length` float NOT NULL,
  `width` float NOT NULL,
  `height` float NOT NULL,
  `distance_a` float NOT NULL
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8;
```

Рисунок 13 – Создание таблицы «Cars»

Аналогичным образом будут созданы другие таблицы Разработанную базу данных «my_pysql_base» можно просмотреть в PHP MyAdmin, которая представлена на рисунке 14.

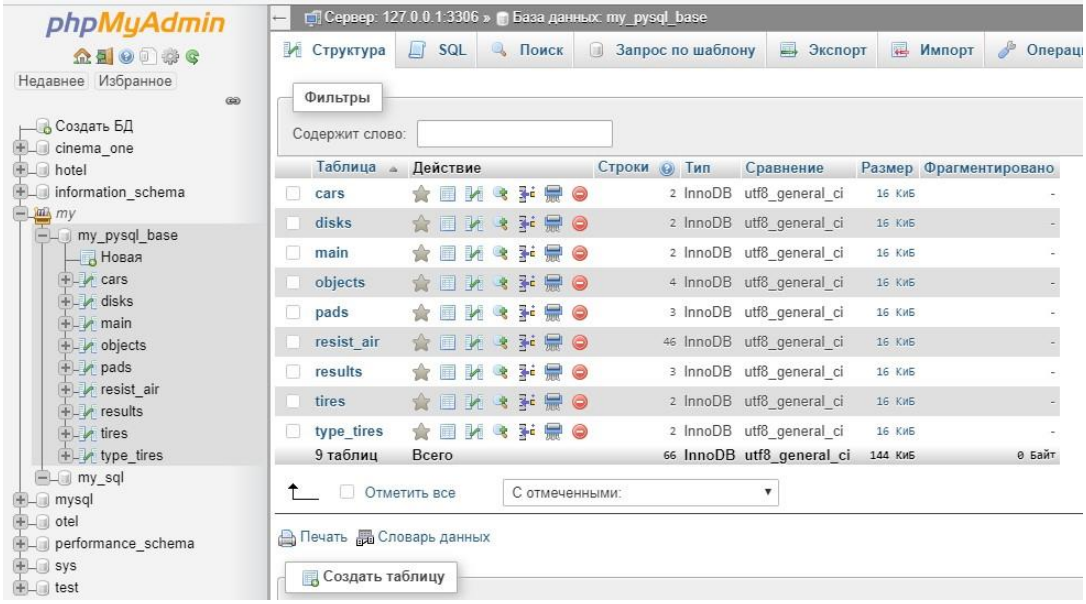


Рисунок 14 – Просмотр базы данных my_pysql_base

6.2 Создание графического интерфейса

При необходимости быстрого получения результата, проведения экспериментов по размещению объектов, общей оценки интерфейса возможно использование специального редактора интерфейсов Qt Designer. Qt Designer не накладывает никаких ограничений на средства разработки, поскольку интерфейс, созданный им, в конечном счете, будет преобразован компилятором uic в код программы, обеспечивающий создание именно этого интерфейса (см. рисунок 15).

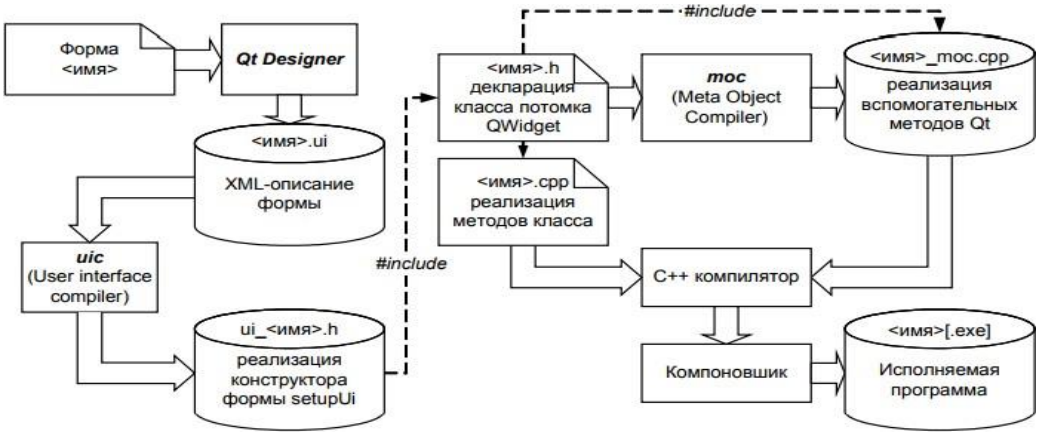
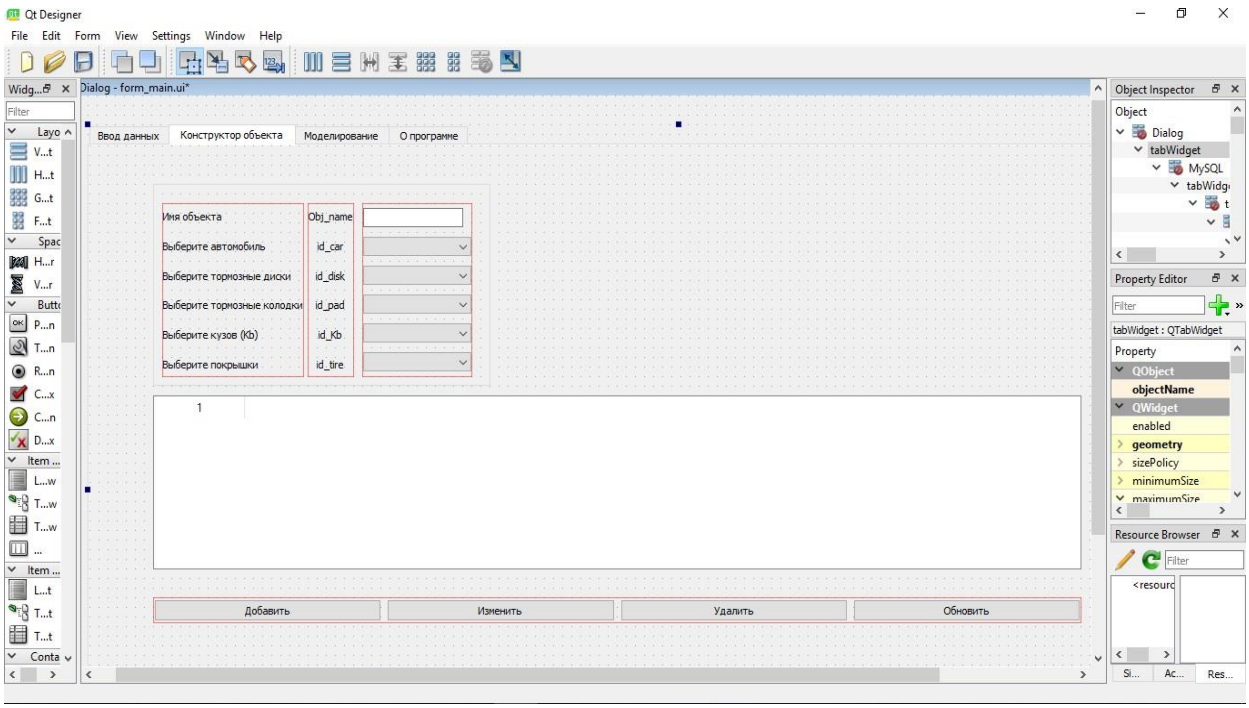


Рисунок 15 – Схема сборки приложения с формами, сделанными в Qt Designer

Это позволяет также использовать Qt Designer для обучения принципам программирования Qt и размещения элементов в форме, т.к. результирующий код является доступным и использует те же классы Qt, которые необходимы при ручной разработке. При использовании Qt Designer описание поведения, т.е. слотов, осуществляется программистом в отдельном файле. В Qt3.x такой файл имеет суффикс .ui.h, а в Qt4.x – .h. Сформированный Qt Designer файл .ui представляет собой XML - описание диалога. По созданному .ui — описанию user interface compiler (uic) генерирует код программы на языке программирования, где создание диалога осуществляется классами Qt. В Qt3.x формируется класс - потомок QWidget, в Qt4.x формируется самостоятельный код, обеспечивающий создание формы по вызову метода setupUi. На рисунках 16 представлен фрагмент создания шаблона



графического интерфейса.

Рисунок 16 – Фрагмент создания интерфейса

7 Реализация системы

7.1.Таблица покрышки.

Интерфейс приложения состоит из множества вкладок, для успешного моделирования поставленных задач, требуется выполнять определенную последовательность действий, начало происходит с выбора покрышек авто. Данная вкладка позволяет заносить данные характеристики покрышки: название покрышки, ширина шины, коэффициент формы профиля, посадочный диаметр, тип конструкции, измеряемый в радиусе или диаметре. Так же созданы были кнопки: добавить, изменить, удалить, обновить. После ввода данных вся информация заносится в

таблицу, где каждой покрышке присваивается автоматически индивидуальный id номер. На рисунке 17 представлена таблица «Покрышки» в графическом интерфейсе.

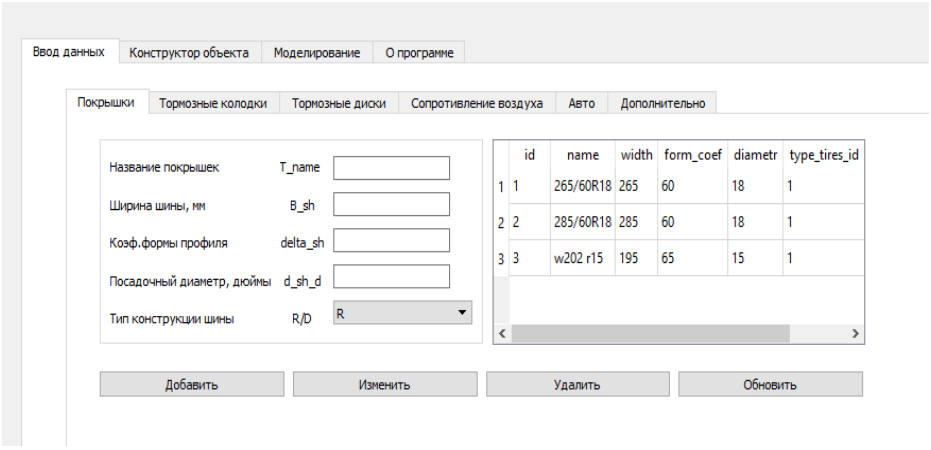


Рисунок 17 – Просмотр таблицы «Покрышки»

7.2 Таблица тормозные колодки.

Данная таблица предназначена для ввода информации про тормозные колодок. Заносятся данные такие как: название колодок (колодки устанавливаются одной фирмы на обе оси), максимальный коэффициент трения (колодка работает в предельном режиме), минимальный коэффициент трения (колодка работает в штатном режиме или только в начале своей работы), высота передней колодки (толщина фрикционного материала), высота задней колодки (толщина фрикционного материала). Так же присутствуют кнопки: добавить, изменить, удалить, обновить. После ввода данных вся информация заносится в таблицу, где каждой колодке присваивается автоматический индивидуальный id номер. На рисунке 18 представлена таблица «Тормозные колодки» в графическом интерфейсе.

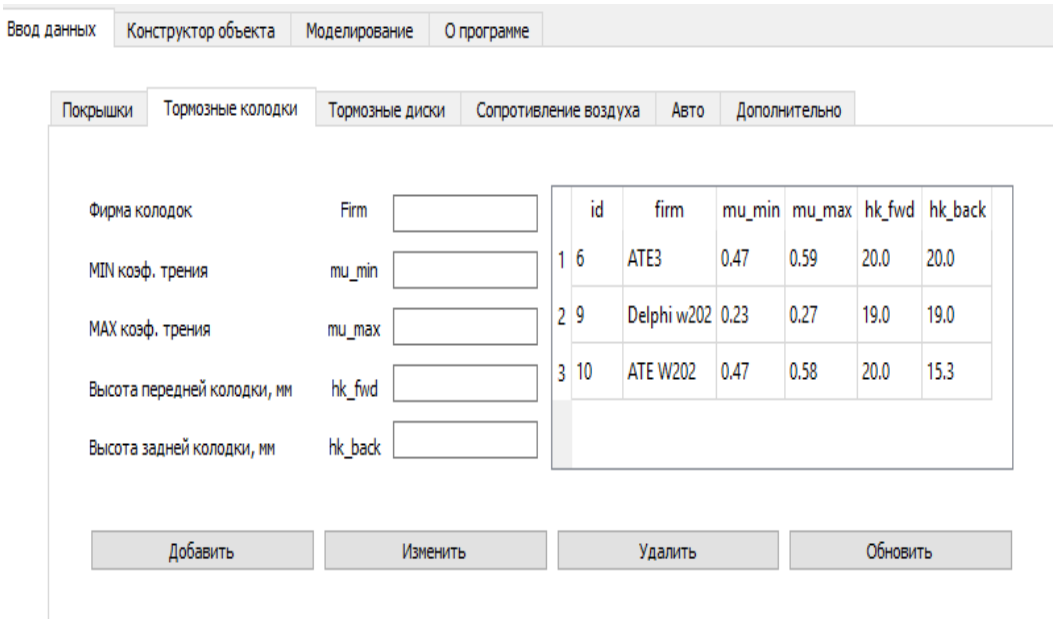


Рисунок 18 – Просмотр таблицы «Тормозные колодки»

7.3 Таблица тормозные диски.

Для ввода параметров тормозных дисков создали таблицу «тормозные диски», которая отображает информацию и позволяет вносить характеристики для дисков передней и задней оси, а именно: название тормозных дисков, диаметр переднего тормозного диска, диаметр заднего тормозного диска, примечание. Так же присутствуют кнопки: добавить, изменить, удалить, обновить.

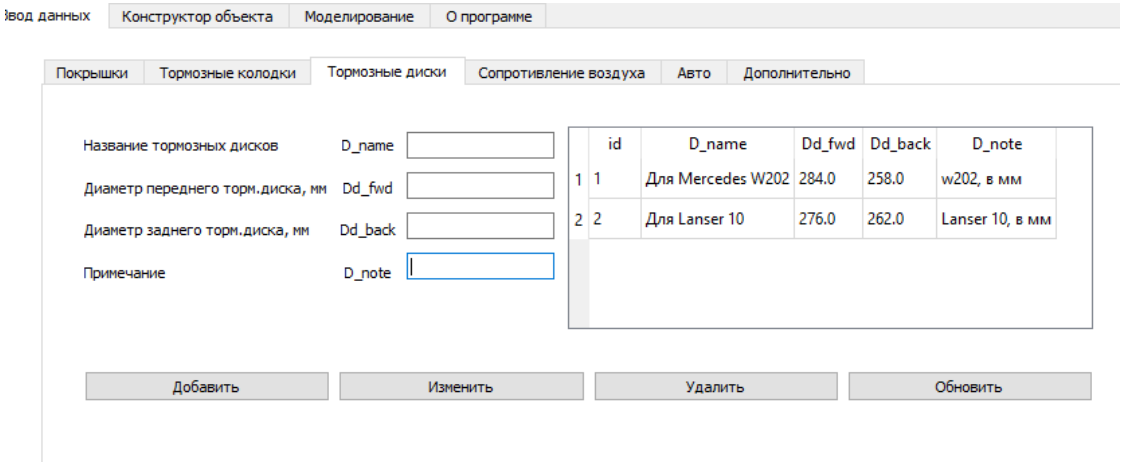


Рисунок 19 – Просмотр таблицы «Тормозные диски»

7.4 Таблица сопротивление воздуха.

Данная таблица создана для ввода коэффициента сопротивления воздуха действующий на автомобиль. Данная таблица содержит: название автомобиля, примечание. После ввода данных информация хранится в базе данных «my_pysql_base» в таблице «resist_air» .

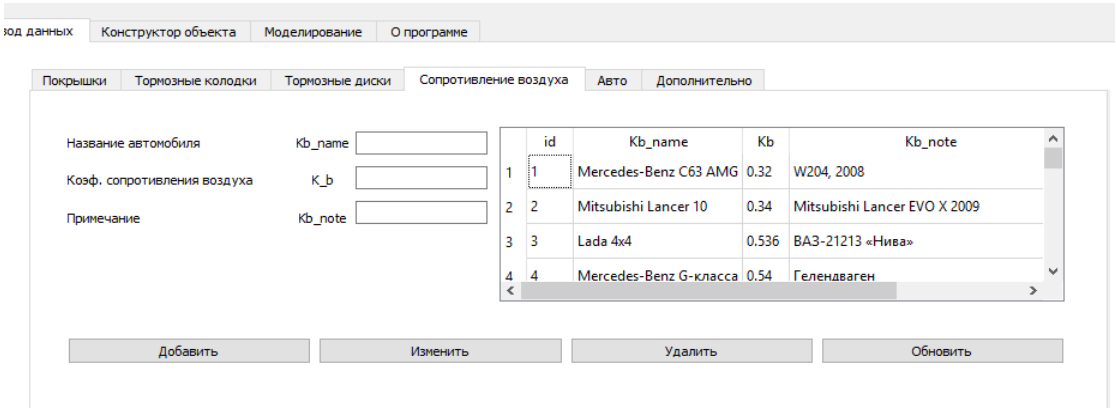


Рисунок 20 – Просмотр таблицы «Сопротивление воздуха»

7.5 Таблица «Авто».

Данная таблица предназначена для ввода информации про авто, здесь указывается: марка авто, снаряженная масса, максимально допустимая масса, колесная база авто, ширина авто, высота авто, расстояние до передней оси для центра авто. После ввода данных информация хранится в базе данных «my_pysql_base» в таблице «tires».

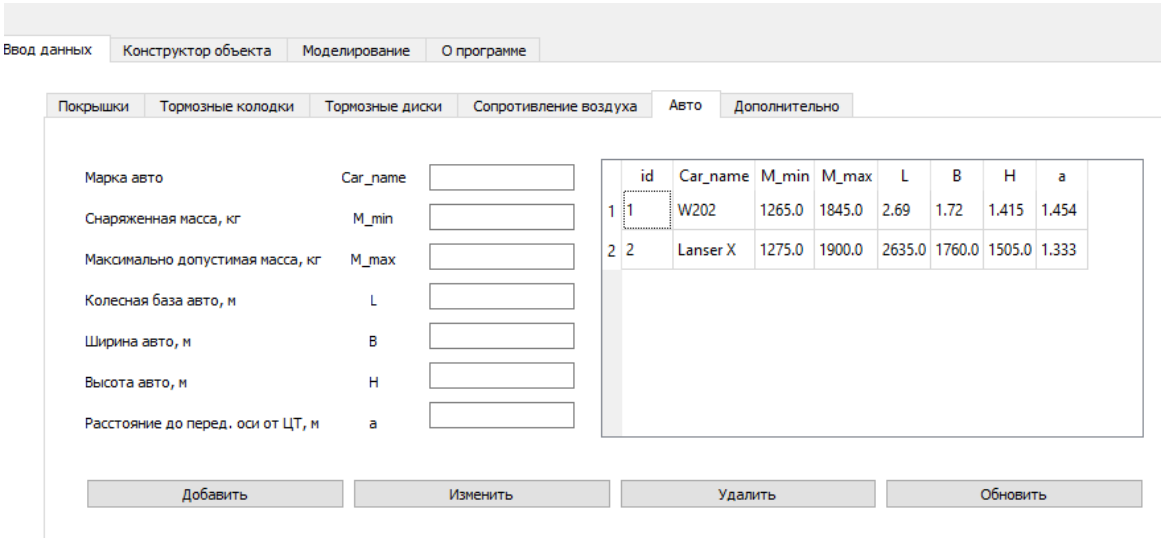


Рисунок 21 – Просмотр таблицы «Авто»

7.6 Таблица «Дополнительно».

Данная таблица создана для ввода констант, дополнительных параметров тормозной системы: диаметр главного тормозного цилиндра, диаметр передних поршней, диаметр задних поршней, количество передних поршней, количество задних поршней, коэффициент усилителя тормозов и сопротивления качению, во вкладке «дополнительные параметры кпп» вносится передаточное число МКПП или АКПП, передаточное число раздатки. Так же создано поле для ввода ресурса тормозных колодок, а именно: начальная толщина колодки, остаточный ресурс колодки.

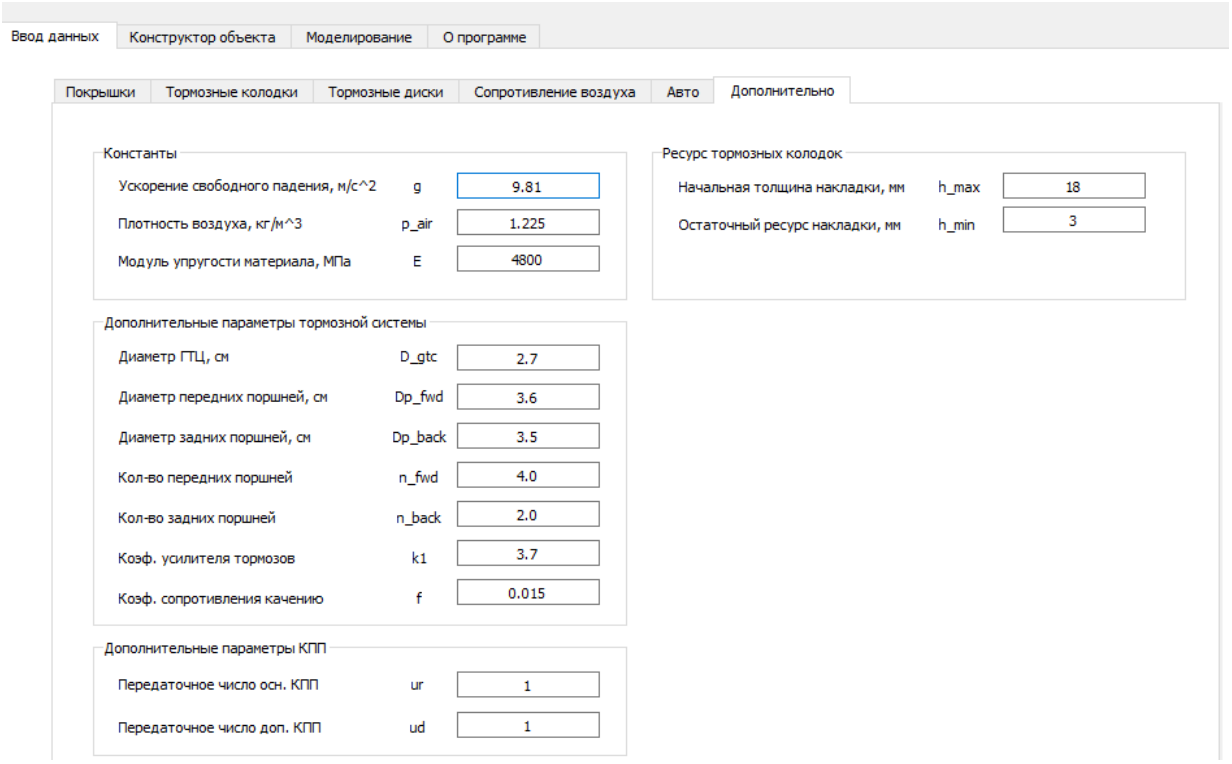


Рисунок 22 – Просмотр таблицы «Дополнительно»

7.7 Конструктор объекта

Вкладка «конструктор объекта» включает в себя информацию про модели автомобилей, которые будут участвовать в моделировании тестов, информация собирается заранее и остается только выбрать из выпадающих списков нужную нам конфигурацию нужного автомобиля. Присутствуют кнопки: добавить, изменить, удалить, обновить. На рисунке 23 представлен фрагмент конструктора объекта в графическом интерфейсе.

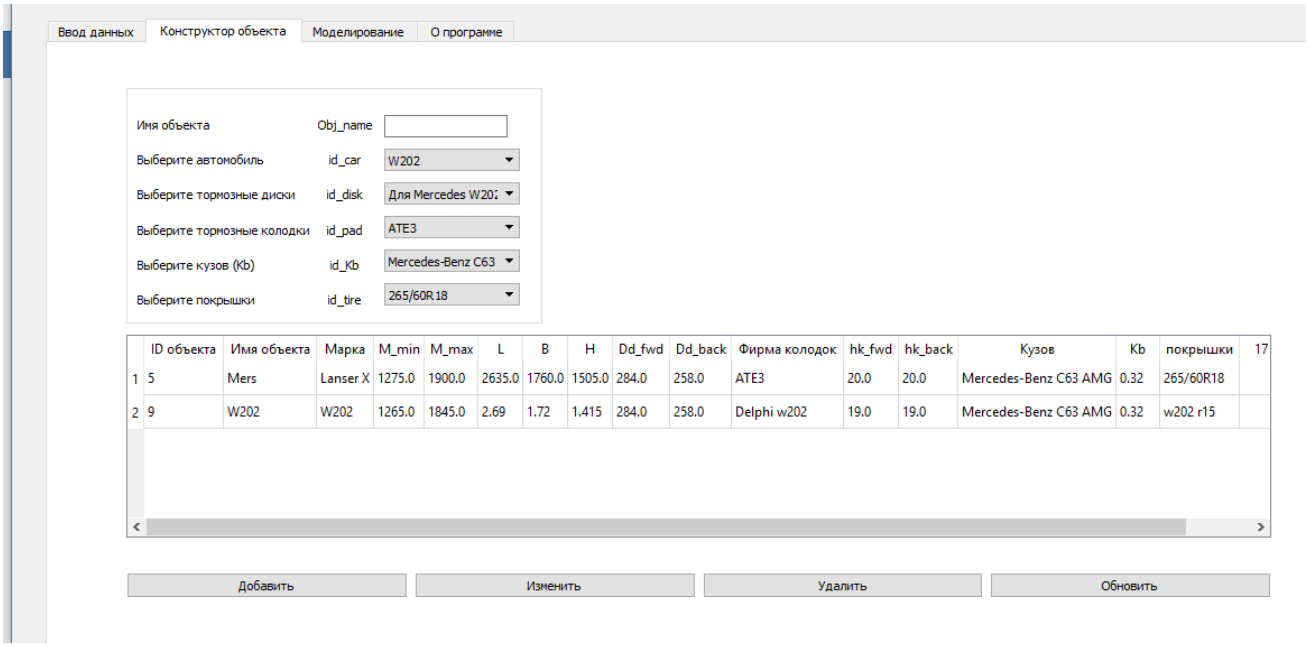


Рисунок 23 – Фрагмент конструктора объекта.

8 Моделирование тестов работы программы и вывод результатов

8.1 Тестирование автомобилей с разными колодками

В первом тесте будет выполнено сравнение двух тормозных колодок разной фирмы, а именно: «Ate» и «Delphi», данное сравнение будет происходить на конкретных автомобилях: «Mercedes – Benz w202» и «Padjero 4», условия для моделирования будут одинаковы, за исключением, некоторых моментов, а именно: начальная скорость торможения, сила нажатия на педаль и количество циклов торможения. Данный тест поможет выявить различия между тормозными колодками и показать тормозной путь на каждом этапе тестирования, а также износ фрикционного материала каждой оси автомобиля. На рисунке 24 представлена настройка процесса моделирования в графическом интерфейсе. На рисунке 25, 26, 27, 28, 29, 30 находятся графики, по которым сможем сделать анализ технического состояния«Mercedes – Benz w202».

Ссылка на скачивание всех листингов системы: https://yadi.sk/d/A2Kdgsxws6f-HQ?w=1

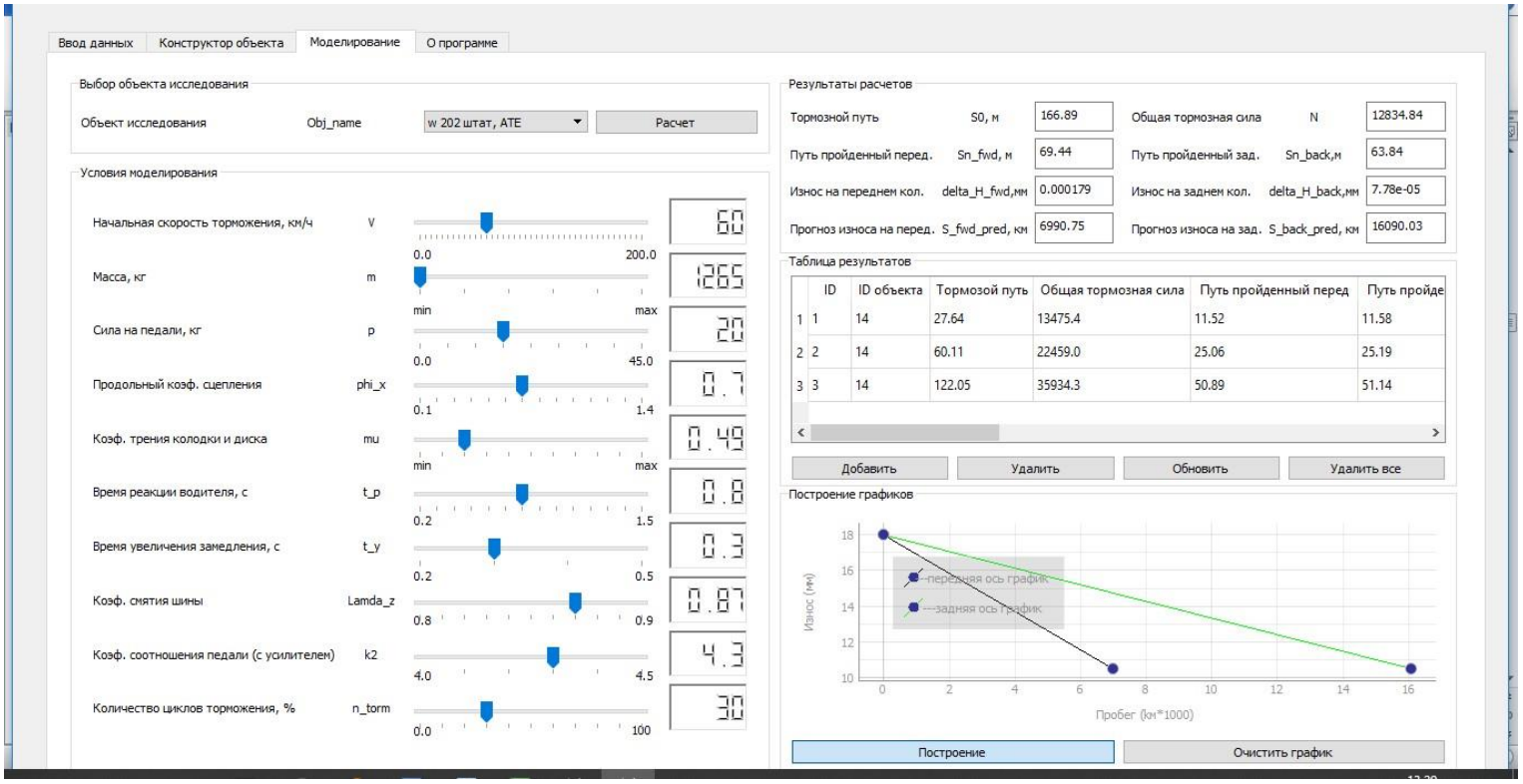


Рисунок 24 – Настройка процесса моделирования

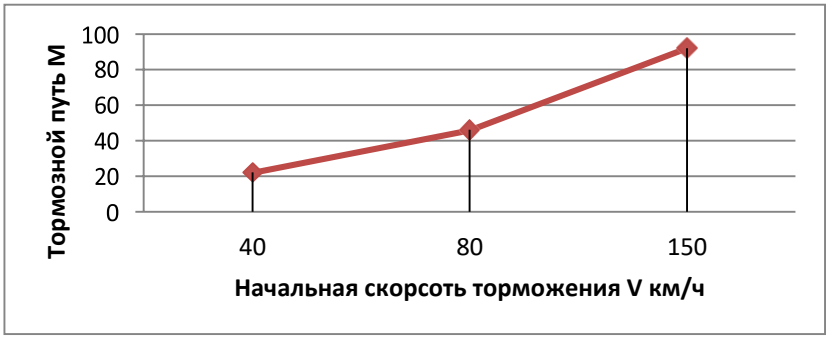


Рисунок 25 – Результат тормозного пути автомобиля «Mercedes Benz w202» с колодками «Ate»

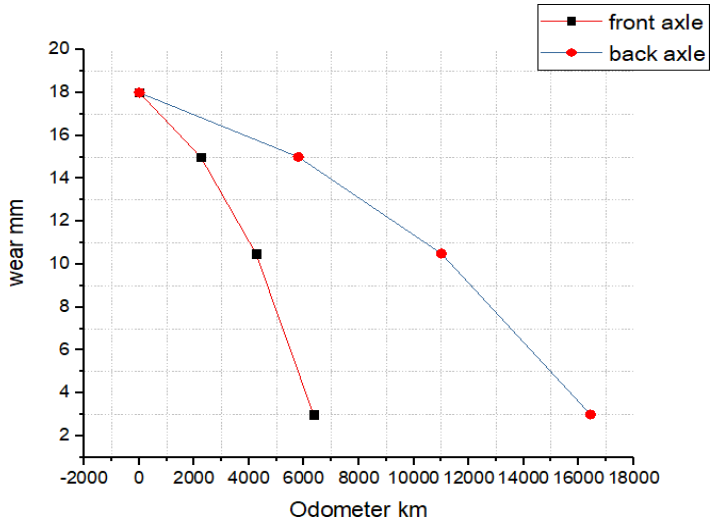


Рисунок 26 – Износ фрикционного материала колодок «Ate» на автомобиле «Mercedes – Benz w202»

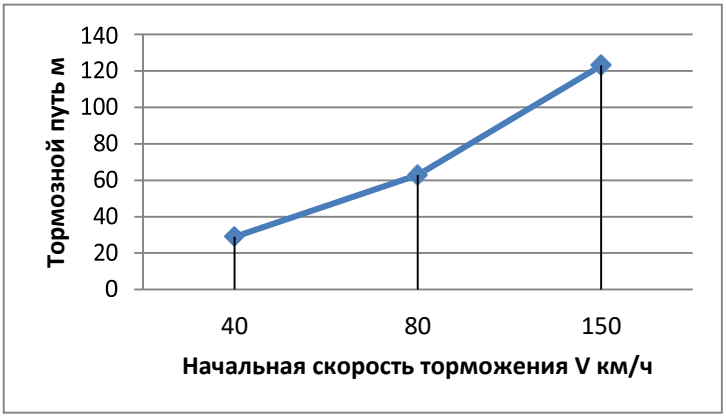


Рисунок 27 – Результат тормозного пути автомобиля «Mercedes – Benz w202» с колодками «Delphi»

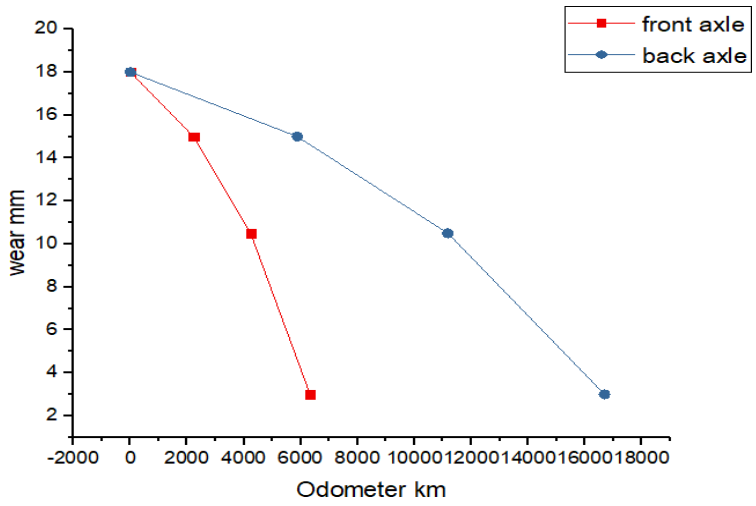


Рисунок 28 – Износ фрикционного материала колодок «Ate» на автомобиле «Mercedes – Benz w202»

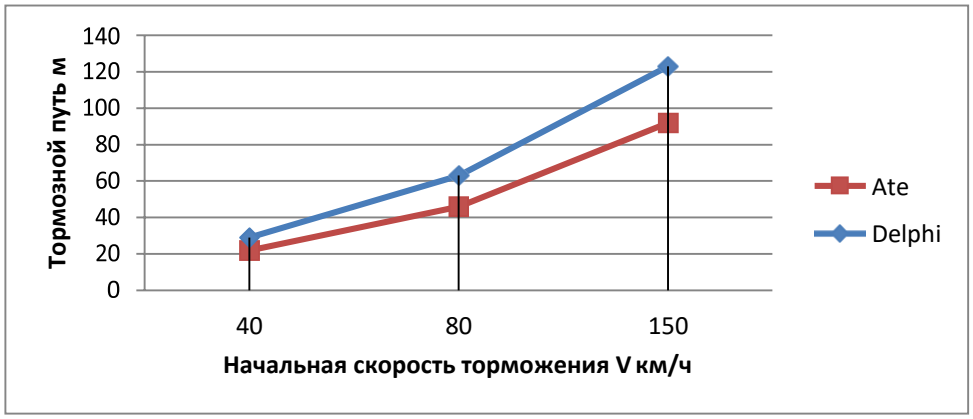


Рисунок 29 – Результат тормозного пути автомобиля «Mercedes – Benz w202» с колодками «Delphi» и «Ate»

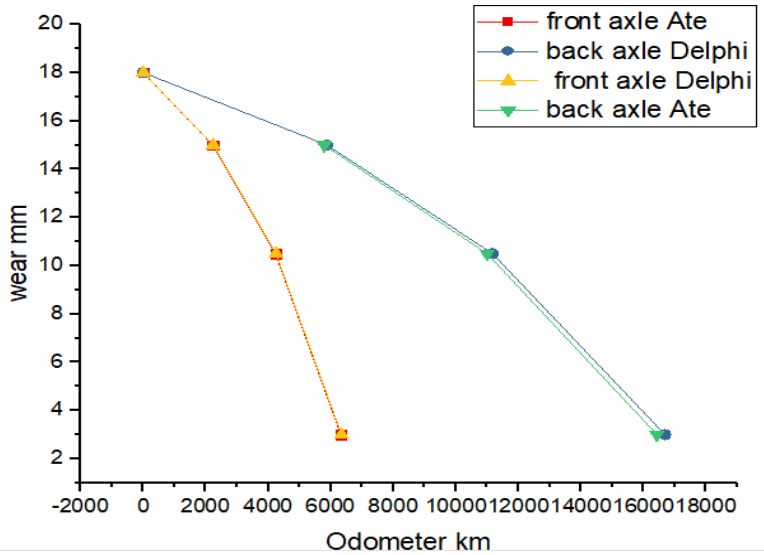


Рисунок 30 – Анализ сравнения износа фрикционного материала колодок фирм «Ate» и «Delphi» на автомобиле «Mercedes – Benz w202».

Аналогичным образом протестируем «Padjero 4», ниже на рисунках 31, 32, 33, 34, 35, 36 находятся графики, по которым сможем сделать анализ тестов.

Рисунок 31 – Результат тормозного пути автомобиля «Padjero 4» с колодками «Ate»

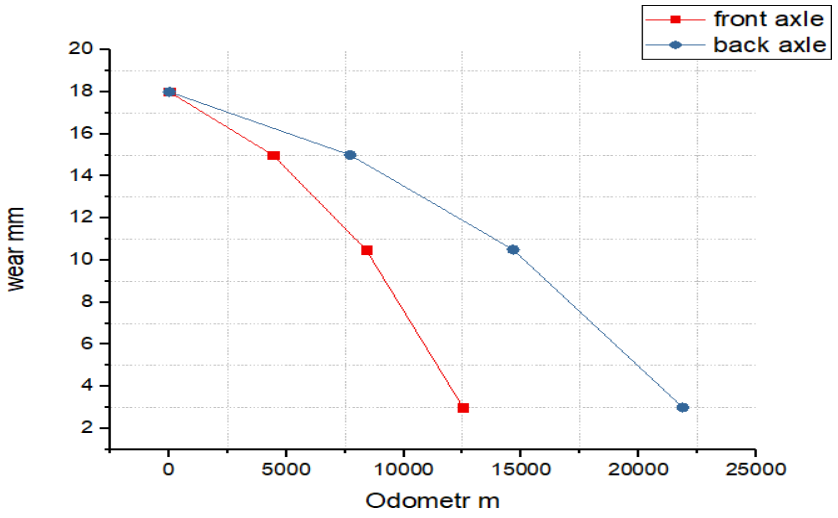


Рисунок 32 – Результат износа фрикционного материала на колодках «Ate» на автомобиле «Padjero 4»

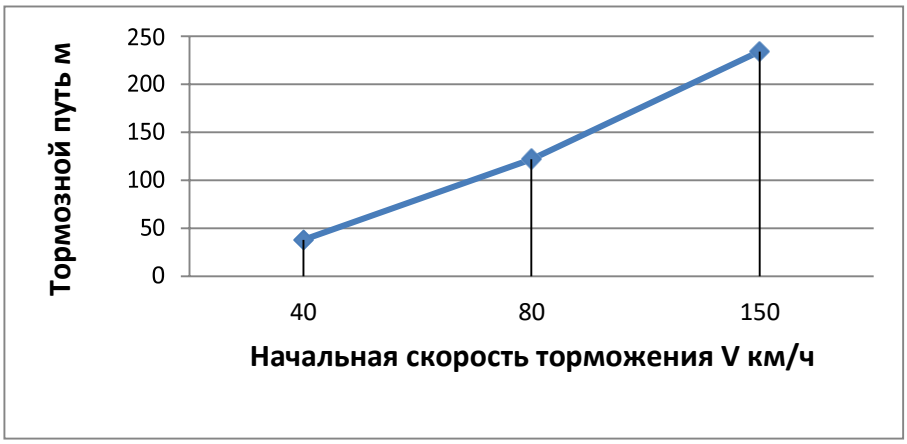


Рисунок 33 – Результат тормозного автомобиля «Padjero 4» с колодками «Delphi»

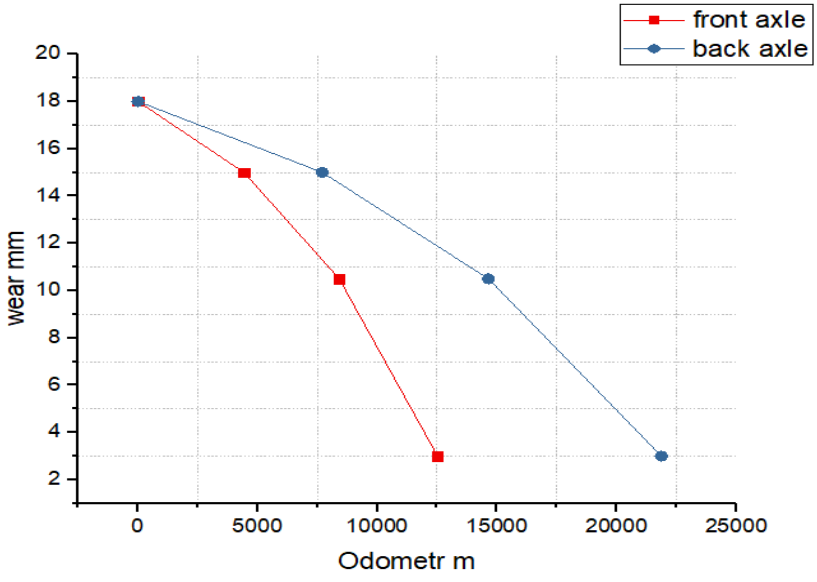


Рисунок 34 – Результат износа фрикционного материала на колодках «Delphi» на автомобиле «Padjero 4»

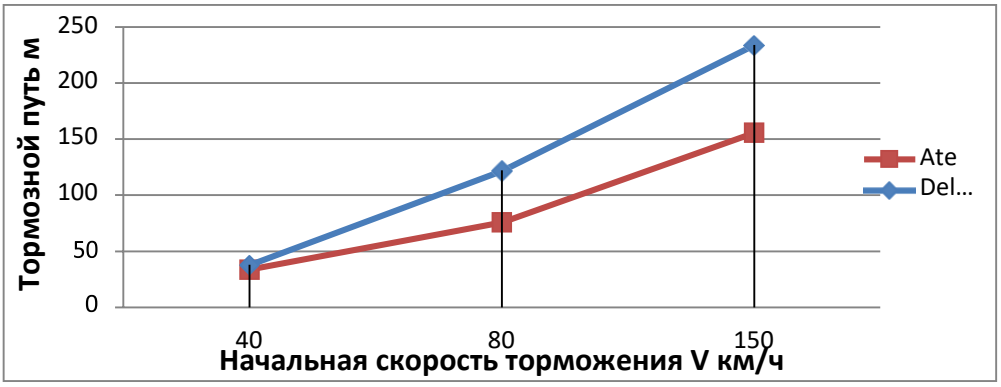


Рисунок 35 – Результат тормозного пути автомобиля «Padjero 4» с колодками «Delphi» и «Ate»

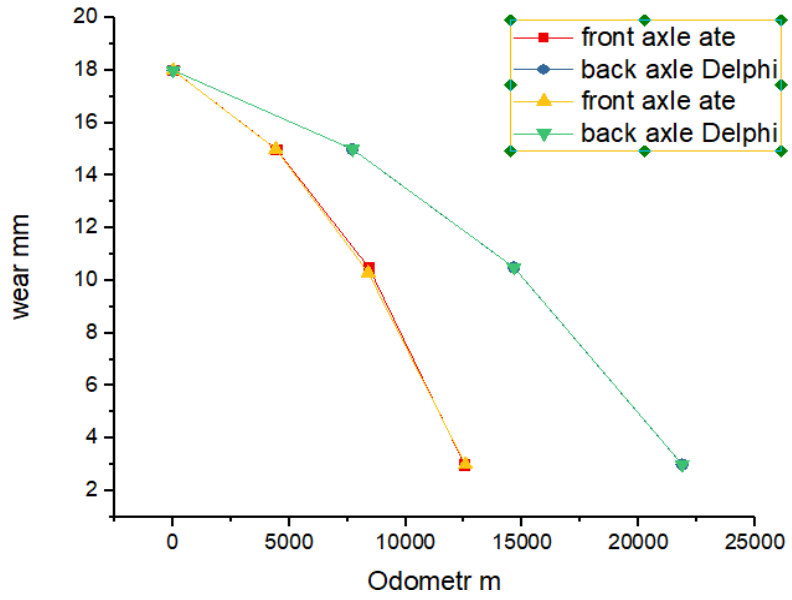


Рисунок 36 – Анализ сравнения износа фрикционного материала колодок фирм «Ate» и «Delphi» на автомобиле «Padjero 4»

В процессе выполнения тестирования двух конкретных колодок установленных на автомобилях «Mercedes – Benz w202», «Padjero 4», можно выявить, что тормозные накладки «Delphi» существенно хуже выполняют свои поставленные задачи, автомобили имеют остановочный путь на 15 % больше фирмы Ate. Но если рассматривать износ фрикционного материала, то он практически не изменяется на обеих колодках разной фирмы

8.2 Тестирование автомобилей с изменением технических характеристик

Для наилучшего торможения автомобиля применяются изменения заводских технических характеристик автомобиля, а именно: увеличение диаметра тормозных дисков на передней и задней оси, добавляется нужное количество тормозных поршней на каждый суппорт, увеличение диаметра ГТЦ, увеличение ширины покрышки. Данное тестирование будет проведено на конкретных автомобилях: «Mercedes – Benz w202», «Padjero 4». Условия

для моделирования будут одинаковы для каждого авто. Для наилучшего сравнения эффективности торможения будет проведен тест на заводских характеристиках и на измененных. Также для каждого теста проанализируем износ колодок на каждой оси. На рисунках 37-40 представлены графики об анализе тормозной системы автомобиля «Mercedes – Benz w202»

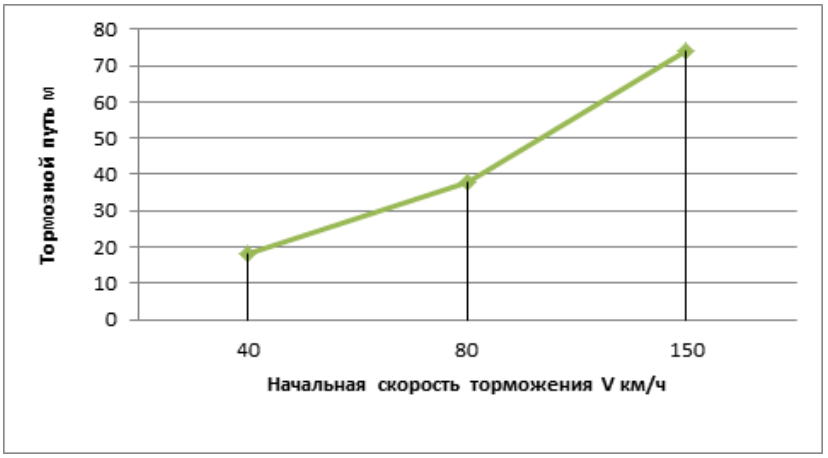


Рисунок 37 – Анализ тормозного пути на автомобиле «Mercedes – Benz w202 с измененными техническими характеристиками

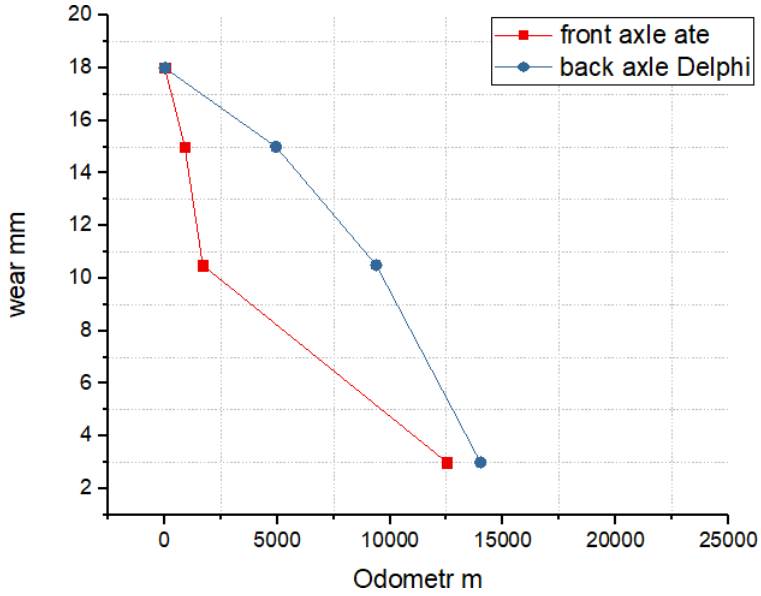


Рисунок 38 – Результат износа колодок на автомобиле «Mercedes – Benz w202» с измененными техническими характеристиками

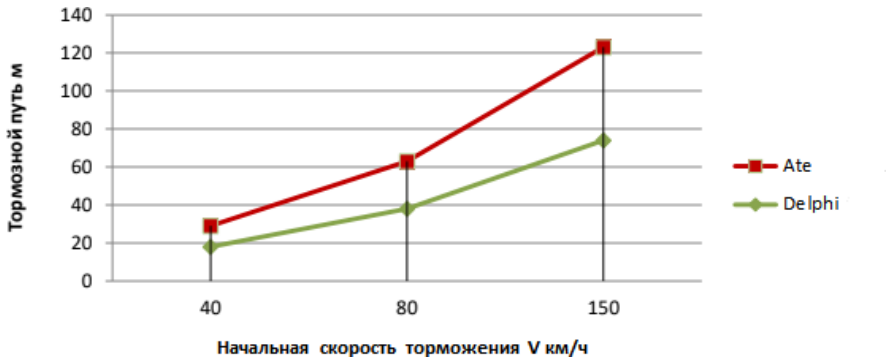


Рисунок 39 – Результат сравнения тормозного пути автомобиля Mercedes –Benz w202 с изменением технических характеристик и заводскими данными

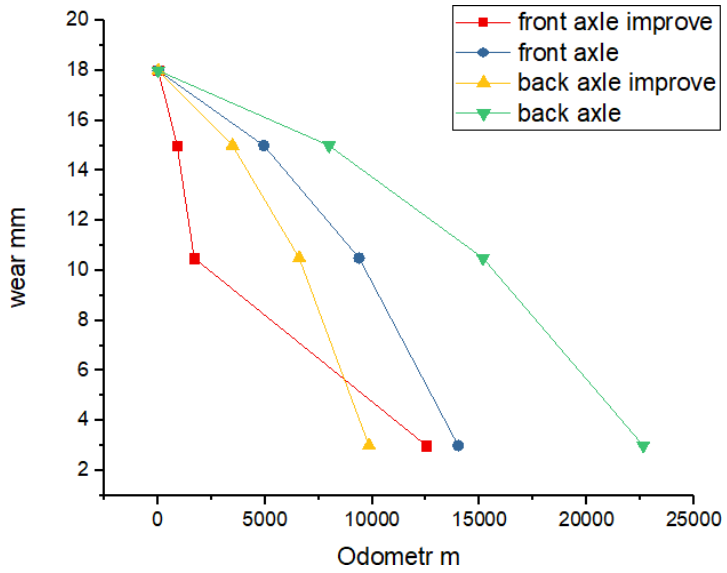


Рисунок 40 – Результат износа колодок на версиях с улучшенной тормозной и системой и заводской на автомобиле «Mercedes – Benz w202»

Аналогичным образом протестируем «Padjero 4». На рисунках 41-4 представлены графики об анализе тормозной системы автомобиля «Padjero4».

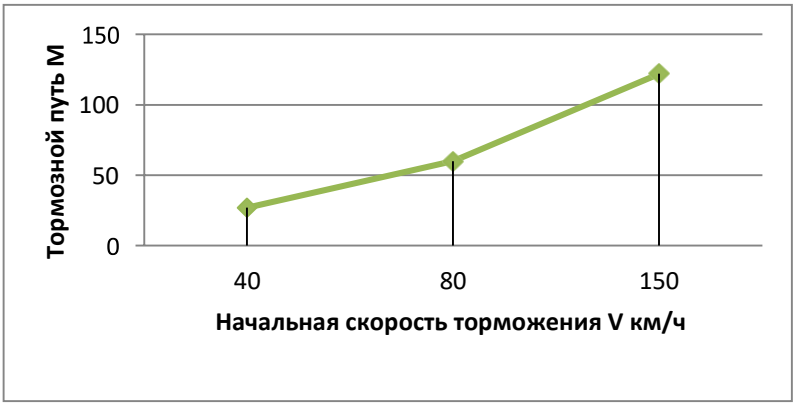


Рисунок 41 – Результат тормозного пути автомобиля «Padjero 4» с изменением технических характеристик

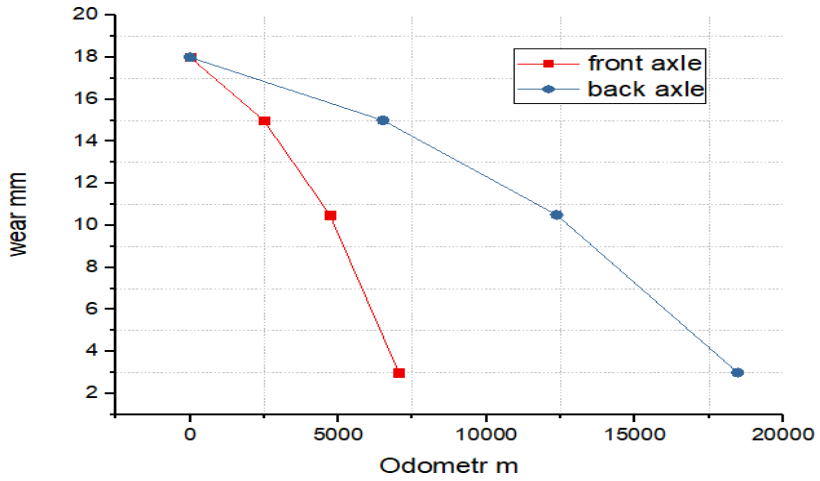


Рисунок 42 – Результат износа колодок на автомобиле «Padjero 4» с измененными техническими характеристиками

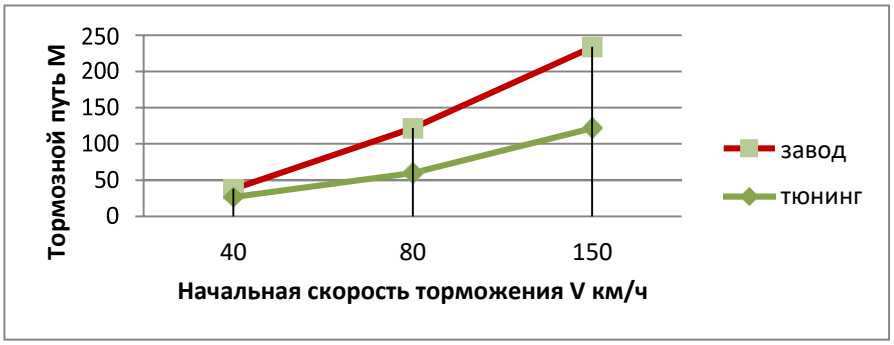


Рисунок 43 – Сравнение тормозного пути на автомобиле «Padjero 4» с изменением технических характеристик и заводскими данными

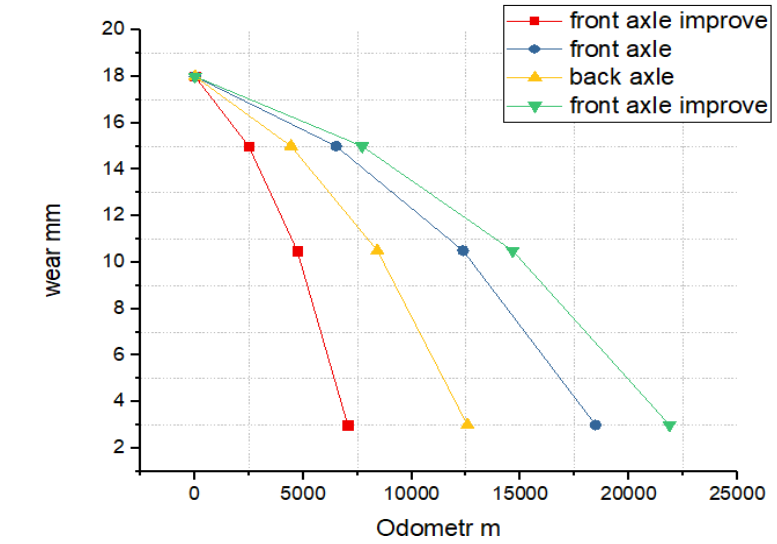


Рисунок 44 – Результат износа колодок на версиях с улучшенной тормозной системой и заводской на автомобиле «Padjero 4»

В конце тестирования всех автомобилей можно сделать вывод о том, что изменение технических характеристик автотранспортного средства, благоприятно отражается на поведении автомобиля, а именно на тормозном пути, который становится меньше на 35%

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатом работы системы является анализ видов диагностирования автотранспортного средства, схемы устройства компьютерной диагностики автомобиля, сделанный интерфейс программы с указанием разработок и поставленных задач, были рассмотрены формулы для расчета технических характеристик автомобиля и тормозной системы, разработана база данных для обработки информации о моделировании процессов связанных с эксплуатации автомобиля, построены графики для анализа состояния автотранспортного средства в различных условиях эксплуатации, проверка показала корректную работу всей системы. Актуальность системы заключается в том, что полностью исключается механический способ диагностики тормозной системы, происходит переход на интеллектуальную систему, что в несколько раз увеличивает скорость диагностики автотранспортного средства. Личный вклад заключается в анализе проблемы диагностики автотранспортного средства, составление всей теоретической части и написание листингов программы. Конечный результат работы - программный пакет - будет применяться пользователями: владельцами автотранспортного средства, обслуживающим персоналом, разработчиками тормозной системы при проектировании автомобиля, для тюнинга тормозной системы. Предлагаемая система интерактивного мониторинга автотранспортного средства в силу своей новизны предполагает дальнейшее получение патента.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Место и роль диагностики в системе то и ремонта автомобилей. [Электронный ресурс]. URL: https://studfiles.net/preview/1790598/page:4/ (дата обращения: 10.05.2019)

2 Электронный блок управления двигателем: назначение и устройство. [Электронный ресурс]. URL: http://krutimotor.ru/bloki-upravleniya-dvigatelem-vidy-ustrojstvo-remont (дата обращения: 12.04.2019)

3 Самодиагностика автомобиля - особенности считывания кодов. [Электронный ресурс]. URL:http://www.poiskavtouslug.ru/tehnicheskoe-obsluzhivanie/samodiagnostika-avtomobilja.html [(ата обращения: 20.05.2019)

4 HfmScan - программа для диагностики двигателя мерседеса. [Электронный ресурс]. URL: http://www.hfmscan.com/ru/index.html (Дата обращения: 11.04.2019)

5 Ревин А.А. Прогнозирование ресурса новых тормозных накладок транспортного средства / Ревин А.А., Тюрин С.В., Федотов В.Н. // Вестник транспорта. - 2006. - № 9. - С. 32-34.

6 Ревин А.А. Автомобильные автоматизированные тормозные системы: Техническое решение. Теория. Свойства: монография / Ревин А.А.. - Волгоград: Изд-во Ин-та Качеств, 1995. - 160 с.

7 Железнов Е.И. Методика выбора допустимой массы одноосных прицепов к автотранспортным средствам (АТС) / Железнов Е.И. // Справочник. Инженерный журнал. - 2001. - N3. - С. 29-31

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица 1 – Данные об автомобилях

Марка	Снаряженная масса	Полная масса	Колесная база	Ширина авто	Высота авто	расстояние до передней оси	расстояние до задней оси от ЦТ	Коэффициент	Вес авто	Вес авто	лобовая площадь авто	фактор обтекае	вес, приходящийся на	вес, приходящийся на задни	вес, приходящийся на
W202	1265	1845	2,690	1,720	1,415	1,454	1,236	0,32	12650	18450	1,898	0,60	5812	8477	6837	9972
Lanserx	1275	1900	2,635	1,760	1,505	1,333	1,317	0,35	12750	19000	2,066	0,72	6372	9496	6413	9611
Padjero 4	2110	2810	2,780	1,875	1,870	1,685	1,035	0,42	21200	28100	2,734	1,14	7892	8126	12849	13230
E39	1570	2005	2,830	1,801	1,435	1,519	1,303	0,29	15700	20050	2,015	0,58	7222	9231	8426	10761
Land Cruser 200	2715	3300	2,850	1,969	1,864	1,545	1,305	0,38	27150	33000	2,862	1.,08	12431	15110	14718	17889

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица 1 - Тормозная система различных автомобилей

авто	Сила на педали	Коэф. усилителя тормозов k1	Коэф. соотношение педали k2	Диаметр ГТЦ(Главный тормозной цилиндр)	Площадь поршня ГТЦ	Диаметр передних, задних поршней	Кол-во передних и задних поршней	Эффективная площадь передних поршней	Эффективная площадь передних поршней	Эффективная площадьзадниxПоршней	Площадь передних. задних поршней Sp_fwd=Dp_fwd^2*pi/4 Sp_back=Dp_back^
W202	22-45	1	4,5	2,3	4,15	5,4/3.5	2/2	22.8 x 2	22.8 x 2	9.6 x 2	22,8/9,6
Lanser x	22-45	1	4,5	2,2	3,79	5,7/3,6	2/2	25.5 x 2	25.5 x 2	10.1 x 2	25.5/10.1
Padjero 4	22-45	1	4,5	3,5	9,61	4,5/4.8	4/2	15,8 x4	15,8 x4	18 x 2	15,8/18
E39	22-45	1	4,5	2,5	4,9	6/4,2	2/2	28.26 x 2	28.26 x 2	13,8 x 2	28,26/13,8
Land Cruser 200	22-45	1	4,5	2,7	5,7	5,1/4,5	8/2	20,4 x 8	20,4 x 8	15,8 x 2	20,4/15.8

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Таблица 1 – Тормозные колодки и диски для различных автомобилей

Авто	ширина шины	Профиль резины	посадочный диаметр шины дюймы	посадочный диаметр шины	коэф. смятия шины	высоты профиля шины	диаметр колеса	свободный радиус	статический радиус	динамический радиус	радиус качения шины за один оборот
W202	195 225	65 45	15 17	381 431,8	0,9 0,9	126,75 101,25	634,5 634,3	317,25 317,15	304,57 307,025	304,57 307,025	317,25 317,15
lanser	205 215	55 40	16 19	431,8 508	0,9 0,9	112,75 86	631,9 658,6	315,95 327,3	304,67 318,7	304,67 318,7	315,95 327,3
Padjero 4	265 275	65 45	17 20	381 508	0,9 0,9	172,25 123,75	776,3 755,5	388,15 377,75	370,92 365,37	370,92 365,37	388,15 377,75
E39	205 245	65 35	15 20	431,8 558,8	0,9 0,9	133.25 85	647,5 678	323,75 339	311.07 330	311,07 330	323,75 339
Land Cruser 200	285 285	65 45	17 22		0,9 0,9	185,25 128,85	802,3 816,5	401,15 408.25	382,65 395,36	382,65 395,36	401,15 408,25

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Таблица 1 – Комплектующие детал

Фирма Колодок	коэф.трения колодк	коэф.трения колодк	Высота передней колодки	Высота задней колодки	Диаметр переднего тормозного диска	Диаметр заднего тормозного диска	Эффективный радиус переднего тормозного диска	Эффективный радиус заднего тормозного диска
ATE	0,58	0,47	17,9 мм Land 200 20 мм e39 20 мм (w202) 16,4 мм lanser 10 17 мм Padjero 4	17,3 мм Land 200 17,3 мм e39 15,3 мм (w202) 16 мм lanser 10 15,4 мм Padjero 4	284 мм (w202) 276 мм lanser 10 332 мм Padjero 4 340 мм Land 200 296 мм e39	258 мм (w202) 262 мм lanser 10 332 мм Padjero 4 345 мм Land 200 298 ммм e39	161,05 мм Land 200 132 мм e39 132 мм (w202) 129,8 мм (lanser 10) 154,5 мм (Padjero 4)	163,6 Land мм 200 120,35 мм e39 121,35 мм w202 127 мм lanser 10 158,3 мм Padjero 4
Delphi	0,27	0,23	17,9 мм Land 200 19,8 e39 19 мм (w202) 15,8 мм lanser 10 17,8 мм Padjero 4	17,3 19 мм (w202) 15,8 мм (lanser 10) 17,8 мм (Padjero 4)			161,05 мм Land 200 132,1 мм e39 132,5 мм (w202) 130,1 мм lanser 10 157,1 мм Padjero 4	163,6 Land мм 200 122,6 мм e39 121,25 мм w202 123,3 мм lanser 10 158,35 мм Padjero 4
Ferodo	0,44	0,29	17,9 мм Land 200 20,3 мм e39 19,5 мм (w202) 16,5 мм lanser10 17 мм Padjero 4	17,3 Land 200 16,4 мм e39 15,5 мм (w202) 15 мм Lanser 10 15,5 мм Padjero 4			161,05 мм Land 200 131,85 мм e39 132,25 мм (w202) 129,75 мм lanser 10 157,5 мм Pajero 4	163,6 Land мм 200 122,8 мм e39 121,25 мм w202 123,5 мм lanser 10 158,25 мм Padjero 4
Boch	0,48	0,28	18,5 мм Land 20,1 мм e39 20,1 мм (w202) 15,6 мм lanser 10 16,9 мм Padjero 4	17,3 мм Land 200 17,3 мм e39 15,3 мм (w202) 15, 5 мм lanser10 15,5 мм Padjero 4			160,75 мм Land 200 131,95 мм e39 131,95 мм w202 130,2 мм lanser 10 157,55 мм Padjero 4	163,6 Land мм 200 122,35 мм e39 121,35 мм w202 123,25 мм lanser 10 158,25 мм Padjero 4